نظم المعلومات الجغرافية

أساسيات وتطبيقات للجغرافيين

دكتور

محمد الخزامى عزيز

أستاذ الخرائط الآلية ونظم المعلومات الجغرافية المساعد

قسم الجغرافيا - كلية الآداب - جامعة الملك سعود

Bibliotheca Alexandrina
0133420S

الناشر منشأة المعارف بالإسكندرية

جلال حزى وشركاه

لا تعتبر جميع الخرائط الواردة في هذا الكتاب مرجعاً للحدود الدولية

نظم المعلومات الجغرافية

أساسيات وتطبيقات للجغرافيين

تأليف

الدكتور

محمـــد الخزامي عزيـــــز

أستاذ الخرائط الآلية ونظم المعلومات الجغرافية المساعد

قسم الجغرافيا – كلية الآداب

جامعة الملك ســعــود

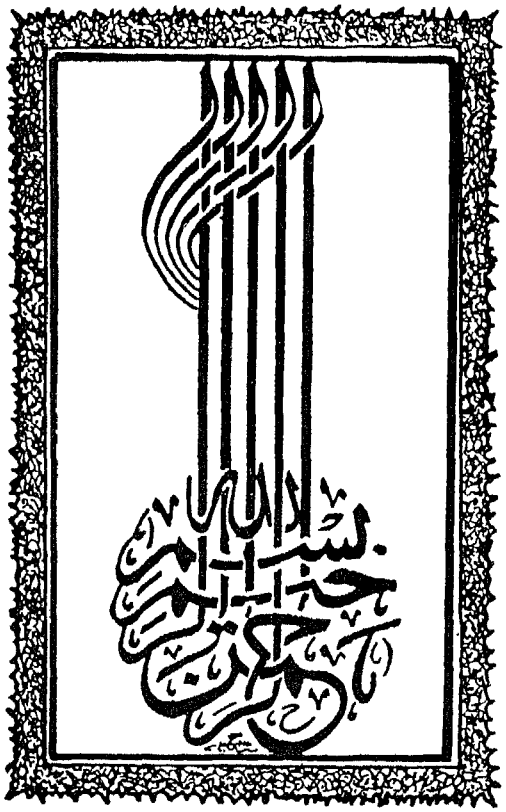
١- نظم المعلومات الجغرافية

١٤١٨ هـ / ١٩٩٨م

الهيئة	سكندرية
رقم الـ	910.285 ع ز ن
رقم التسجيل	C11.84

الناشر منشأة المعارف بالاسكندرية

جلال حزى وشركاه



وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون

صدق الله العظيم

... اهـــــداء...

الى والدي رحمه الله . الذي منعني العربة من توديعه الى مثواه الأخير..

والى رفيقة الدرب . أم بلال التي تركت الأهل ، والوطن، والعمل،...

وتتحمل مصاعب الغربة من أجل راحتي...

والى أول عربي قام بتأليف بحث باللغة العربية حول نظم المعلومات الجغرافية...

وهو معالي أ.د خالد بن محمد العنقري وزير التعليم العالي السعودي..

التقديـــــــم

هذا الكتاب " نظم المعلومات الجغرافية – أساسيات وتطبيقات للجغرافيين" يعتبر اضافة جيدة للمكتبة العربية في حقل هام من حقول المعرفة المتطورة، وحاول المؤلف في هذا الكتاب أن يقدم للباحث في الجغرافيا ماله صله بهذا العلم وللقارىء العربي بصفة عامة مالدية من خبرة باعتباره أستاذا متخصصا في الخرائط الآلية ونظم المعلومات الجغرافية، ذلك الفرع الذي يتطور كل يوم وفي حاجة الى المزيد من التطوير.

ويتعبر هذا العمل الجاد والشيق في الوقت ذاته عملا شاملا، حيث غطى الباب الأول المفاهيم النظرية لنظم المعلومات الجغرافية، وتاريخ تطورها، وعلاقتها بالمجالات العلمية المتعددة، وتناول الباب الثاني أنواع نظم المعلومات الجغرافية الخطية منها والمساحية، وفي الباب الثالث تناول أنواع قواعد المعلومات الجغرافية الشاملة للمعلومات الجغرافية الخطية والمساحية، وعرض في الباب الرابع متطلبات نظم المعلومات الجغرافية، والتي تشمل المتطلبات العلمية والمعلوماتية، والفنية، والبشرية.

ويتناول مؤلف الكتاب، بعد أن أرسى الدعائم فيما يتعلق بنظم المعلومات الجغرافية في الأبواب الأربعة الأولى، الجوانب العملية والتطبيقية في البابين الأخيرين من الكتاب. فأفرد الباب الخامس ليشرح ويناقش هذا الفن في الأقسام الجغرافية ذات الصلة الحميمة به بل والمطورة له، فناقش في هذا الباب مكانة نظم المعلومات الجغرافية في أقسام الجغرافيا في الفصل الأول منه، ثم تناول في الفصل الثاني مناهج تأهيل طلاب أقسام الجغرافيا بالنسبة لنظم المعلومات الجغرافية، وشرح وقوم في الفصل الثالث من هذا الباب تجربة تدريس نظم المعلومات الجغرافية في احدى الجامعات العربية في بلد عربي خليجي شقيق ألا وهى جامعة قطر في دولة قطر. وتناول مؤلف الكتاب في فصول أخرى من هذا الباب قضايا على جانب من الأهمية ومنها مايتعلق بانشاء معامل نظم المعلومات الجغرافية في أقسام الجغرافيا، وكيفية تقويم الامكانات الحاسوبية، ومن ثم اختيار المناسب منها للأغراض الجغرافية، وكيفية تقويم البرامج التطبيقية لنظم المعلومات الجغرافية.

ويتطرق الباب السادس بفصوله السبعة الى نماذج تطبيقية جغرافية في نظم المعلومات الجغرافية في بلدان عربية شقيقة مثل الجزائر، والكويت، وليبيا، والمملكة العربية السعودية، وفي دولة قطر. وهذه النماذج التي تم تناولها على جانب من الأهمية ذلك أنها تمس أمورا

حيوية ترتبط بالطاقة، والبيئة، والمياه، والنقل وهى تلك القضايا التي يسعى العلم لمعالجتها أو سد النقص فيها لما فيه صالح للبشرية أجمع. ويتوصل المؤلف في نهاية المطاف من هذا الكتاب الى استنتاجات وتوصيات نرجو أن توضع موضع التنفيذ. ويحتوى الكتاب على ملاحق عديدة وعلى خرائط ورسومات أثرت المادة العلمية لهذا الكتاب. كما يحتوي على قائمتين ثريتين من المراجع العربية والأجنبية.

والمؤلف الدكتور محمد الخزامي عزيز له خبرة أكاديمية، وبحثية، وعملية في جميع الموضوعات التي تناولها في أبواب الكتاب وفصوله اذ تدرب في جامعات عربية وأجنبية، كما عمل في معاهدعلمية، وأقسام أكاديمية في بلدان عربية وأجنبية. وفي الختام نرجو أن ينفع الله بما في هذا الكتاب، ويعم به الفائدة، وأن يوفق العاملين الجادين لما فيه الخير والفلاح انه سميع مجيب وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين وصلى اللهم وسلم على نبينا محمد وعلى آله وصحبه وسلم.

أ.د. عبد العزيز بن عبد اللطيف آل الشيخ
قسم الجغرافيا، جامعة الملك سعود
رئيس مجلس ادارة الجمعية الجغرافية السعودية
الرياض، ١٤١٨/٢/١٢ هـ

المقدمـــــــة

انه من المسلم به اليوم أن البشرية تعيش عصر المعلومات، الذي يتميز بتعدد معطياته وتشابك جوانبه، وأهم مايميزه هى " المعلومة" التي من شأنها تحديد مدى تقدم الشعوب، فكلما استطاعت الدول أن تبتكر طرق لحماية المعلومة، وكيفية الاستفادة المثلى منها في جميع نواحي التنمية، كلما كان ذلك مؤشرا على تقدمها وقدرتها على مواجهة معوقات التنمية.

والجغرافي اليوم أصبح أكثر تطبيقيا، فلم يعد يركز على دراساته الوصفية بل اتجه الى التعمق في القضايا الجغرافية، والبحث في جوانبها وتوجيه اهتماماته لخدمة خطط التنمية في مجتمعه، وتعتمد الدراسات التطبيقية على مصادر معلوماتية متنوعة ومتشابكة قد تصل الى مستوى التعقيد من حيث امكانية تحليل تلك المعلومات مثل ماهو الحال في المرئيات الفضائية التي من الصعب تحليلها بالعين المجردة، وذلك لاعتماد عمليات تحليل المرئيات الفضائية على برامج آلية.

وتمثل نظم المعلومات الجغرافية أحدث مجالات الحاسب الآلي التطبيقية التي تساهم في دعم الدراسات الجغرافية المعاصرة بتوفير أساليب آلية لتحليل المعلومات المكانية Spatial data بعد ربطها بالمعلومات الوصفية Descriptive data ، واعطاء نتائج متنوعة تعزز من استخلاص ودعم الفكر الجغرافي التطبيقي المعاصر.

والمؤلف يحاول أن يقدم دراسة عربية متكاملة حول تقنية نظم المعلومات الجغرافية من حيث مفاهيمها، وتاريخها، وأنماطها، وطرق تصميمها، وكيفية استفادة الدراسات الجغرافية منها مع تطبيقات جغرافية كنماذج مختارة من انجازات المؤلف خلال سنوات عمله في جامعة سالزبورج بالنمسا، وجامعة قطر، والآن في جامعة الملك سعود بالرياض.

فالدراسات العربية التي سبقت هذا المؤلف اقتصرت على أبحاث منفردة تعالج مبادىء نظم المعلومات الجغرافية دون محاولة التعمق التطبيقي في احدى جوانبها، الا أن هناك دراسات جديرة بالتنويه اليها، والتي تعتبر أولى الدراسات العربية في نظم المعلومات الجغرافية وهى دراسة معالي الاستاذ الدكتور خالد بن محمد العنقري (١٩٩٠) ، حيث تفضل كأول باحث عربي بالكشف عن بعض التطبيقات لنظم المعلومات الجغرافية، واعطاء فكرة حول الجهود البسيطة وقتئذ لبعض الجهات الحكومية بالمملكة العربية السعودية، وتلى ذلك جهود معاليه في هذا المضمار البحثي بنشر مقالة علمية باللغة الانجليزية في المجلة العالمية لنظم المعلومات الجغرافية (١٩٩١)، حيث ابرز فيها جوانب فكرة تأسيس نظم المعلومات الجغرافية بالدول

النامية، وكنا نود أن تنشر تلك المقالة باللغة العربية لدعم مكتبتنا العربية التي تظل تعاني من الفقر العلمي في المجالات العلمية المعاصرة، وخاصة في مجال نظم المعلومات الجغرافية.

ولايفوتنا أن ننوه الى بعض الدراسات الأخرى للزميل والصديق الأستاذ الدكتور رمزي الزهراني (١٩٩٢)، والذي عالج فيها باللغة العربية للمبتدىء العربي ملامح مكونات نظم المعلومات الجغرافية، وفكرة نظرية واضحة حول بعض الاستعمالات التطبيقية، وتوالت مقالات صغيرة مختصرة حول نظم المعلومات البلدية للدكتور أحمد السحاب (١٩٩٠،١٩٩١). كما تفضل الدكتور عبد الله الصنيع (١٩٩٥) بنشر دراسة نظرية حول مبادىء نظم المعلومات الجغرافية، والتي بالتأكيد قد أضافت الى المكتبة العربية الكثير.

أما المؤلف فقد أخذ على عاتقه التعمق في الجوانب التطبيقية العملية في نظم المعلومات الجغرافية في دراسات متفرقة (١٩٩١،١٩٩٢أ،١٩٩٢ب، ١٩٩٣، ١٩٩٤أ، ١٩٩٤ب، ١٩٩٥، ١٩٩٦،١٩٩٧)، ومن أهم تلك الدراسات للمؤلف هو انتاج معجم مصطلحات نظم المعلومات الجغرافية باللغتين العربية والانجليزية (١٩٩٢ب) ليحقق الربط الفكري بين اللغتين ويذلل الصعوبات للقارىء والدراس العربي المبتدىء في نظم المعلومات الجغرافية.

ويأمل من خلال هذا الكتاب أن يكون قد أضاف الى الدراس والباحث الجغرافي العربي جزء من أدبيات نظم المعلومات الجغرافية، وجوانبها التطبيقية للجغرافيين، حيث حرص المؤلف على بساطة الأسلوب والبعد عن التعقيد الفني في ستة أبواب كاملة عرضها سعادة الاستاذ الدكتور عبد العزيز بن عبد اللطيف آل الشيخ في تقديمه للكتاب الحالي، ويطيب لنا أن نعرب عن جزيل الشكر والعرفان لسعادته على اهتمامه شخصيا بنظم المعلومات الجغرافية، وحرصه على دعم خطط تدريس هذا المجال المتطور في قسم الجغرافيا بجامعة الملك سعود بالرياض، وكذلك تقديمه للكتاب لشهادة واضحة المعالم على احتياج المكتبة العربية للكتاب الحالي.

والشكر الجزيل يتوجه الى زملائي أعضاء الهيئة التدريسية بقسم الجغرافيا بجامعة الملك سعود وعلى رأسهم سعادة الدكتور محمد بن عبد العزيز القباني رئيس القسم على ترحيبهم لانضمامي هذا العام الى القسم، وتشجيعهم المتواصل لي لانجاز هذا الكتاب.

والشكر الجزيل لإدارة **منشأة المعارف** بالإسكندرية بإشراف الأستاذ الجليل والمربي الفاضل الأستاذ **جلال حزي** على حرصهم المتميز لإقتناء هذا الكتاب ونشره ليضم إلى أسرة أمهات الكتب التي تنفرد بها منشأة المعارف والتي أكسبتها شهرة عربية وعالمية.

والشكر الجزيل لإدارة منشأة المعارف بالإسكندرية بإشراف الأستاذ الجليل والمربي الفاضل الأستاذ جلال حزي على حرصهم المتميز لإقتناء هذا الكتاب ونشره ليضم إلى أسرة أمهات الكتب التي تنفرد بها منشأة المعارف والتي أكسبتها شهرة عربية وعالمية.

وشكر خاص لرفيقة الدرب التي تحملت الكثير أثناء انشغالي المتواصل في اعداد الكتاب، وحرصها البالغ على اجراء مراجعات لغوية بكل دقة وأمانة في كل صفحة من صفحات الكتاب، ولولا صبرها وحرصها، وتشجيعها المتواصل والمتفاني لي طوال فترة التأليف لتأخر العمل ليس فقط الى شهور أخرى، بل الى سنوات، جزاها الله عن كل شيء خير الجزاء.

ونأمل من الله التوفيق، والاستفادة للجميع، وصلى الله على نبينا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين، وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين.

الرياض في: ٢٢ صفر ١٤١٨هـ/ ٢٧ يونيو ١٩٩٧م

المؤلف

د. محمد الخزامي عزيز

م	الباب	الموضـــوع	ص

١)	**البـاب الأول**	ما هية نظم المعلومات	٨
٢)	الفـصل الأول	مقدمة	٩
٣)	الفصل الثانى	مفهوم نظم المعلومات الجغرافية	١١
٤)	الفصل الثالث	تاريخ نظم المعلومات الجغرافية	١٩
٥)	الفـصل الرابع	نظم المعلومات الجغرافية وعلاقتها بالمجالات العلمية المختلفة	٤١
٦)	**الباب الثانى**	أنواع نظم المعلومات الجغزافية	٥٠
٧)	الفـصل الأول	مقدمة	٥١
٨)	الفصل الثانى	نظم المعلومات الجغرافية الخطية	٥٢
٩)	الفصل الثالث	نظم المعلومات الجغرافية المساحية	٦٤
١٠)	**الباب الثالث**	أنواع قواعد المعلومات الجغرافية	٧٣
١١)	الفـصل الأول	أسس تصميم قواعد المعلومات الجغرافية	٧٤
١٢)	الفصل الثانى	قواعد المعلومات الجغرافية الخطية	٨٢
١٣)	الفصل الثالث	قواعد المعلومات الجغرافية المساحية	٩٦
١٤)	**الباب الرابع**	متطلبات نظم المعلومات الجغرافية	١٠٢
١٥)	الفـصل الأول	المتطلبات العلمية والمعلوماتية	١٠٣
١٦)	الفصل الثانى	المتطلبات الفنية	١٥٥
١٧)	الفصل الثالث	المتطلبات البشرية	١٨٠
١٨)	**الباب الخامس**	كيفية تصميم نظام معلومات جغرافى متكامل يخدم الدراسات الجغرافية	١٨٥
١٩)	الفـصل الأول	مكانة نظم المعلومات الجغرافية فى أقسام الجغرافيا	١٨٧
٢٠)	الفصل الثانى	مناهج تأهيل طلاب أقسام الجغرافيا فى نظم المعلومات الجغرافية	١٨٨

م	الباب	الموضـــوع	ص

٢١) الفصل الثالث تقييم تجربة تدريس نظم المعلومات الجغرافية فى الجامعات العربية ـ نموذج جامعة قطر ١٩٦

٢٢) الفصل الرابع أساسيات إنشاء معامل متخصصة فى نظم المعلومات الجغرافية بأقسام الجغرافيا ٢١٠

٢٣) الفصل الخامس كيفية تقييم مكونات الحاسب الآلى وإختيار أنسبها بما يتلاءم مع الجغرافيين ٢١٧

٢٤) الفصل السادس كيفية تقييم البرامج التطبيقية لنظم المعلومات الجغرافية ٢٢٨

٢٥) الفصل السابع كيفية إعداد دراسة جدوى لمشروع إدخال نظم المعلومات الجغرافية ٢٤٦

٢٦) الفصل الثامن كيفية تنفيذ مشروع نموذجى فى نظم المعلومات الجغرافية ٢٥٥

٢٧) الفصل التاسع محاور تقييم المشروع ٢٦٧

٢٨) الفصل العاشر كيفية تطوير المشروع ٢٧٨

٢٩) **الباب السادس** نماذج تطبيقية جغرافية فى نظم المعلومات الجغرافية

٣٠) الفصل الأول دراسة الموارد المائية فى المملكة العربية السعودية وعلاقتها بتوزيع التجمعات العمرانية

٣١) الفصل الثانى التحليل الكمى للخصائص الاقتصادية لشبكة النقل البرى فى مناطق شمال المملكة العربية السعودية ٢٨٩

٣٢) الفصل الثالث التركيب الكمى لخطوط نقل الطاقة الهيدروكربونية فى الجزائر ٣٠١

٣٣) الفصل الرابع ملامح التلوث البحرى والبرى فى إقليم الكويت خلال فترة إحتراق وسكب البترول ٣٠٧

٣٤) الفصل الخامس دور النهر الليبى الصناعى فى تنمية المساحات الزراعية فى ليبيا ٣١٢

م	الباب	الموضـــوع	ص

٣٥) الفصل السادس تطبيق نظم المعلومات الجغرافية فى مجال التخطيط البيئى للمحميات الطبيعية ٣٢٠

خلاصة وتوصيات ٣٢٨

المـــراجـــع أولاً : المراجع العربية ٣٣٢

ثانياً : المراجع الأجنبية ٣٣٥

ثالثاً : فهرس الأشكال ٣٥٢

رابعاً : فهرس الجداول ٢٥٧

المـــلاحـــق أولاً المجالات العلمية والدوريات المتخصصة ٣٥٨

ثانياً نماذج من الجامعات والمعاهد التى تدرس نظم المعلومات الجغرافية ٣٥٨

ثالثاً : نماذج من المؤسسات التى تنظم دورات فى نظم المعلومات الجغرافية ٣٦٠

رابعاً : منظمات عالمية لها علاقة بنظم المعلومات الجغرافية ٣٦٢

خامساً : المؤتمرات والندوات السنوية المتخصصة ٣٦٣

سادساً : شرائط ڤيديو فى نظم المعلومات الجغرافية ٣٦٥

سابعاً : مجلدات تعليمية فى نظم المعلومات الجغرافية ٣٦٦

ثامناً : دراسة مقارنة بين أكبر نظم للمعلومات الجغرافية المشهورة فى العالم ٣٦٩ ٣٧١

الباب الأول

ماهية نظم المعلومات الجغرافية

الفصل الأول: مقدمـــــة

الفصل الثاني: مفهوم نظم المعلومات الجغرافية

الفصل الثالث: تاريخ نظم المعلومات الجغرافية

الفصل الرابع: نظم المعلومات الجغرافية وعلاقتها بالمجالات العلمية المختلفة

الباب الأول

ماهية نظم المعلومات الجغرافية

الفصل الأول : مقدمـــــة

لقد أصبح من الضروري أن نطلق على الحقبة العلمية الحالية عصر الثورة المعلوماتية وخاصة بعد الزيادة الملحوظة في تدفق المعلومات في المجالات العلمية المختلفة، فلايوجد اليوم علم دون أن تكون هناك دلائل على التغيير المضموني لأسسه المعلوماتية بما تفيد بوجود ارهاصات لتكوين فروع بحثية تطبيقية جديدة قد تختلف في المضمون والمنهج عن تلك التي سبقتها في الفترات الزمنية السالفة وخاصة بما تمتاز به من القدرة على التفاعل مع كم معلوماتي هائل و متنوع.

فمنذ أن أطلق القمر الصناعي الأمريكي لاندسات الأول في ١٩٧٢ وقد تزايدت عملية تدفق المعلومات عن كوكب الأرض في جميع المجالات وخاصة تلك التي لها علاقة رئيسية أو فرعية بالعلوم الأرضية، وكان لتدفق المعلومات الأثر الأكبر في تشكيل الصبغة الأساسية لمايسمى اليوم باسم نظم المعلومات الجغرافية.

وتتضارب المفاهيم والتفسيرات حول الأبعاد والمحاور التعريفية لنظم المعلومات الجغرافية، وذلك باختلاف المجالات والعلوم التطبيقية، التي يمكن أن يكون لها علاقة وظيفية أو تطبيقية مع تكنولوجيا نظم المعلومات الجغرافية

لذا يهدف هذا الباب الحالي الى الانخراط في تلك الجوانب التعريفية المختلفة ودراسة ملامح صياغتها وتصنيف التعريفات تحت محاور أساسية تحدد الاتجاه التطبيقي للنظم وتحليل المبررات التخصصية التي ساهمت في بلورة التعريف تمهيدا للخروج بمفهوم نموذجي يجمع فيما بينها.

والجدير بالذكر أن نشيد الى مدى صعوبة التعامل مع التعريفات المختلفة وصياغتها باللغة العربية لأول مرة حيث لم يسبق هذه المحاولة جهود عربية أخرى تكون قد ساهمت في دعم اختيار المصطلحات العربية لكي تتناسب مع مفاهيم ومصطلحات تكنولوجيا نظم المعلومات الجغرافية.

وينتقل الباب الى جانب اخر مازال يحمل في طياته علامات استفهام كثيرة بالنسبة للمتخصصين العرب والذين يعتقدون أن نظم المعلومات الجغرافية وليدة اليوم وهى أحدث ما توصلت اليه تكنولوجيا معالجة المعلومات متجاهلين في ذلك أن هناك خلفية تاريخية عريقة ساهمت بالفعل في تأصيل الارهاصات الأولى لنظم المعلومات الجغرافية، لذلك يتجه الباب الى دراسة تحليلية للمحاور الأساسية التي تتكون منها نظم المعلومات الجغرافية اليوم، واظهار جذورها التاريخية وملامح تطورها وتحليل الجهود المختلفة التي ساهمت على مر الحقب التاريخية السابقة في تطوير جهودهم في التعامل مع المعلومات وأساليب تحليلها الكترونيا حتى وصلت الى المستوى التنفيذي الذي نشهده اليوم.

ومع هذا التحليل التاريخي للنظم يتعرض الباب الى الوضع التطوري لادخال نظم المعلومات الجغرافية في الاقليم العربي واظهار بعض المعوقات التي تعترض ذلك لكي يصل الى مرحلة التوازن التطبيقي مع مثيله في الدول الغربية.

الفصل الثاني
مفهوم نظم المعلومات الجغرافية

لم يعد هناك تعريف ثابت لنظم المعلومات الجغرافية، وذلك لتعدد المجالات التطبيقية التي تعتمد عليها اليوم ، وأيضا لاختلاف وجهات النظر حول تحديد وتصنيف الأهداف التطبيقية لتلك النظم، كما وأن البعض يعتقد أن سر أهمية نظم المعلومات الجغرافية يكمن في الامكانيات الالكترونية للبرامج ومكونات الحاسب الآلي، والبعض الآخر يرى ذلك في البراعة التي تم التوصل اليها في أساليب معالجة البيانات ، كما وأنها مازالت تمثل لغزا عند بعض المستفيدين العرب، فالبعض ينظر لها بالمفهوم اللفظي فقط ويعتقد أنها نظم تهتم بالعلوم الجغرافية فقط دون غيرها والبعض الآخر لايستطيع تحديد الفارق بينها وبين مايسمى بنظم تبادل المعلومات المستخدمة في الشركات الكبرى والبنوك ومكاتب السفر والسياحة ، والجدير بالذكر هنا أن توضيح هذا الفارق بصورة مبسطة يكمن في أن نظم تبادل المعلومات يتم من خلالها تبادل المعلومات بين فروع الشركات أو البنوك وذلك من حيث النوع والكم دون توفر امكانية ربط المعلومات مع مواقعها الحقيقية على سطح الكرة الأرضية، بينما نظم المعلومات الجغرافية تتيح عملية ربط المعلومات مكانيا مع توفر امكانيات التحليل المكاني للمعلومات، وعليه نرى أنه ربما يكون من الأحرى أن نستخدم في اللغة العربية مصطلح نظم المعلومات المكانية Spatial Information Systems بدلا من مصطلح نظم المعلومات الجغرافية Geographical Information Systems وذلك لتوضيح المقصود من استخدام الصفة للمعلومات بكلمة " الجغرافية" وهو المرادف تماما في هذه الحالة لكلمة " المكانية" أي المعلومات ذات الموقع المكاني على النظام الاحداثي الحقيقي على سطح الكرة الأرضية دون ضرورة التقيد بنوع المعلومات، فقد تكون جغرافية أو تخطيطية أو هندسية أو جيولوجية أو بيئية أو احصائية ... الى آخره من أنواع المعلومات التي تحتاج الي عملية ربطها بموقعها الحقيقي .

ويجدر بالذكر التعرض الى بعض التعاريف لنظم المعلومات الجغرافية المتداولة عالميا ومحاولة تحليل ملامح كل منها للخروج في النهاية بمجموعة من الركائز التي يمكن أن نعتمد

عليها مستقبلا عندما نتحدث عن مفهوم نظم المعلومات الجغرافية، ولتسهيل اجراء المقارنة بين التعاريف المختلفة يمكن صياغة محاورها كالآتي:

١) تعاريف ترى أن نظم المعلومات الجغرافية هي أحد جوانب نظم المعلومات:

أ) تعريف دويكر DUEKER (١٩٧٩، ص ١٠٦):

" نظم المعلومات الجغرافية هى حالة خاصة من نظم المعلومات والتي تحتوي على قواعد معلومات تعتمد على دراسة التوزيع المكاني للظاهرات والنشاطات والأهداف التي يمكن تحديدها في المحيط المكاني كالنقط أو الخطوط أو المساحات، حيث يقوم نظام المعلومات الجغرافي بمعالجة المعلومات المرتبطة بتلك النقط أو الخطوط أو المساحات لجعل البيانات جاهزة لاسترجاعها لاجراء تحليلها أو الاستفسار عن بيانات من خلالها."

ب) تعريف باركر PARKER (١٩٨٨، ص ١٥٤٧):

" نظام المعلومات الجغرافي هو نظام تكنولوجي للمعلومات والذي يقوم بتخزين وتحليل وعرض كل المعلومات المكانية وغير المكانية".

ج) تعريف سميث وآخرون SMITH et al (١٩٨٧، ص ١٣):

" نظام المعلومات الجغرافي هو نظام قاعدة المعلومات والذي يحتوي على معلومات مكانية مرتبة بالاضافة الى احتوائه على مجموعة من العمليات التي تقوم بالاجابة على استفسارات حول ظاهرة مكانية من قاعدة المعلومات".

د) تعريف ديفن وفيلد DEVINE and FIELD (١٩٨٦، ص ١٨):

" نظم المعلومات الجغرافية هى نمط من ال MIS أو نظم ادارة المعلومات، والتي تتيح عرض خرائط لمعلومات عامة".

هـ) تعريف براسل BRASSEL (١٩٨٣، ص ٣٢):

"تعني نظم المعلومات الجغرافية تلك بنوك المعلومات التي يتم بواسطتها جمع المادة الجغرافية وتخزينها الكترونيا ثم تحليلها ومعالجتها بواسطة برامج تطبيقية للحصول على نتيجة نهائية سواء على هيئة رسم بياني، جداول، مجسمات أو تقارير علمية".

و) تعريف جويتيل GUPTILL (١٩٨٨):

" نظم المعلومات الجغرافية هى تلك بنوك المعلومات التي يتم بواسطتها جمع وتخزين وتحليل ومعالجة كمية ضخمة من المعلومات الاقليمية ومايتصل بها من تفاصيل كتابية أو عددية".

٢) تعاريف ترى أن نظم المعلومات الجغرافية هى نظم متعددة الوظائف:

أ) تعريف باروغ BURROUGH (١٩٨٦، ص ٦):

" نظم المعلومات الجغرافية هي مجموعة من حزم البرامج التي تمتاز بقدرتها على ادخال وتخزين واستعادة ومعالجة وعرض بيانات مكانية لجزء من سطح الأرض".

ب) تعريف دوايه DoE (١٩٨٧،ص ١٣٢):

" نظم المعلومات الجغرافية هى نظم متكاملة تقوم بحصر وتخزين ومراجعة ومعالجة وتحليل وعرض البيانات التي تعتمد على نظم الاحداثيات المكانية على سطح الأرض".

ج) تعريف أوزموي وسميث و سيخرمان OZEMOY,SMITH & SICHERMAN (١٩٨١، ص ٩٢):

" نظم المعلومات الجغرافية هي مجموعة من الوظائف الآلية والتي تتيح امكانيات آلية متطورة في مجال تخزين واستعادة وتحليل وعرض بيانات مرتبطة بمواقعها الجغرافية".

٣) تعاريف تضع نظم المعلومات الجغرافية تحت نظم دعم القرار:

أ) تعريف مولر MULLER (١٩٩١، ص ٤٥٨):

" نظم المعلومات الجغرافية تفهم عادة بأنها عمليات تهتم بالخرائط كبيرة المقياس وتعتمد على مصادر مالية كبيرة والتي تنتج بواسطة الحكومات والأقسام الادارية والبلديات، حيث ان الهدف الأساسي منها هو دعم السياسيين والاداريين لاتخاذ قرارات متوازنة فيما يتعلق بالموارد الطبيعية والبشرية".

ب) تعريف كرين و ماكدونالد CRAIN and MacDONALD (١٩٨٤،ص ٤٢):

" نظم المعلومات الجغرافية هى نظم يجب أن يتطور استخدامها من أداه تجارية الى وسيلة تحليلية ثم الى وسيلة ادارية".

ج) تعريف كوين COWEN (١٩٨٨، ص ١٥٥١):

" نظم المعلومات الجغرافية هي نظم دعم القرار وذلك بواسطة دمج المعلومات المكانية لخدمة حل القضايا البيئية".

د) تعريف بارنت و شرش PARENT and CHURCH (١٩٨٧، ص ٦٤):

" تهدف نظم المعلومات الجغرافية بتحويل المعلومات الخام أو الأساسية على أسس تحليلية الى نظم حديثة تتوفر لديها امكانية دعم عملية اتخاذ القرار".

٤) تعاريف ترى وجود تشعب في مفهوم نظم المعلومات الجغرافية:

أ) تعريف تسوليتس ZOELITZ (١٩٨٩):

" يتشعب مفهوم نظم المعلومات الجغرافية في شقين : أحدهما البرامج Software وكيفية حصر المعلومات وتخزينها ومعالجتها للاستفادة منها لتحقيق هدف معين، والآخر قاعدة المعلومات Database التي تعتمد على الاحداثيات الجيوديسية والتي تسهل التعامل معه".

ب) تعريف عزيز AZIZ (١٩٩١، ص ١٥):

" نظم المعلومات الجغرافية هي نمط تطبيقي لتكنولوجيا الحاسب الآلي بشقيه الأساسيين البرامج Software ومكونات الحاسب Hardware والتي أصبحت تسمح لنا بحصر وتخزين ومعالجة بيانات متعددة المصادر كمية كانت أو نوعية دون قيود، مع امكانية الحصول على نتائج نهائية على هيئة خرائط، رسم بياني، مجسمات، صور، جداول أو تقارير علمية".

ج) تعريف مؤسسة اسري ESRI الأمريكية (١٩٩٠، ص ٢):

" نظم المعلومات الجغرافية هى مجمع متناسق يضم مكونات الحاسب الآلي والبرامج وقواعد البيانات بالاضافة الى الأفراد وفي مجموعه يقوم بحصر دقيق للمعلومات المكانية وتخزينها وتحديثها ومعالجتها وتحليلها وعرضها".

والآن علينا أن نتساءل: هل التعاريف السابقة قد ساهمت بما يكفي في بلورة مفهوم نظم المعلومات الجغرافية؟ هل يمكن لنا أن نضع في الاعتبار محورا من المحاور الأربعة السابقة كأساس للتعريف؟ وماهو التعريف الأنسب والأقرب في هذا المجال؟

قبل التعرض الى اجابة هذه التساؤلات يتوجب علينا أن نحدد عدة ركائز ساهمت الى حد كبير في صياغة التعاريف السابقة وهى:

أ) لقد أدى اختلاف الخلفيات العلمية للقائمين على نظم المعلومات الجغرافية وتنوع مجالات تطبيقها الى ظهور تنوع واضح في صيغة التعريف فكل فريق ينظر الى هذه النظم من خلال المدارك العلمية والتخصصية له، هذا بالاضافة الى وجود تأثير واضح للتجربة الشخصية للفرد على تشكيل التعريف.

ب) التعريفات التي توضح بأن نظم المعلومات الجغرافية هى نمط خاص من نظم المعلومات هى أقرب الى المفهوم الذي نراه قريب من توضيح أحد الوظائف الأساسية لها، الا أنه من الضروري الوضع في الحسبان التشعب الكبير لوظائف نظم المعلومات الجغرافية ومايلزم ذلك من توافق تام فيما بين البرامج المتخصصة وبين مكونات الحاسب الآلي الخاصة، هذا الى جانب وجود عنصر التفاعل مابين الأفراد وبين المعلومات وكيفية الخروج بنمط تطبيقي معين يتوج المفهوم الأمثل للنظم.

ج) يمكن القول أيضا أن التخصص يمثل نقطة بداية التعريف فمثلا:

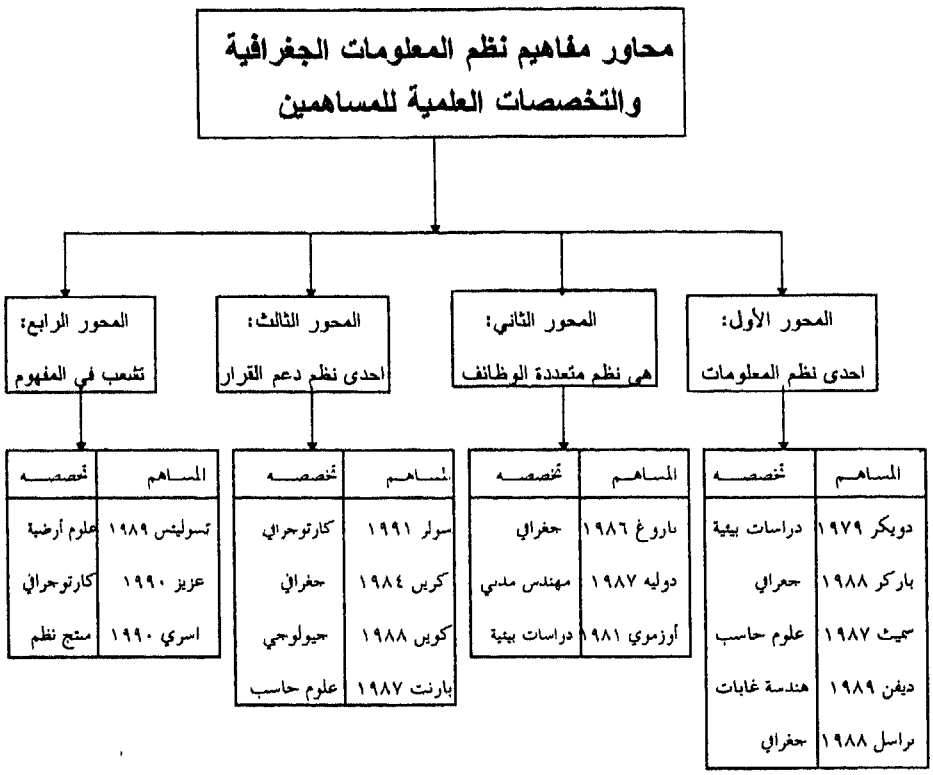
-- المهندس الذي يعمل في مجال هندسة البرامج Software Engineering يبدأ تعريفه بأن نظم المعلومات الجغرافية عبارة عن مجموعة من الوسائل Tools التي تقوم بانجاز وظائف من نوع خاص.

-- المهندس الذي يساهم في تصميم وهندسة مكونات الحاسب Hardware Engineering يبدأ تعريفه بأن عصب نظم المعلومات الجغرافية يتمثل في الكفاءة العالية في أجهزة المعالجة الالكترونية للمعلومات وأساليب التخزين واسترجاع المعلومات ذات الأسلوب المتقدم.

-- مصمم ومعد قواعد المعلومات Database Designer نجد أنه يرى أن نمط تشكيله لقواعد المعلومات هو الذي يحدد الملامح الأساسية لتعريف نظم المعلومات الجغرافية.

-- الجغرافي The Geographer يعتبر أن تعريف نظم المعلومات الجغرافية لابد أن يشمل منهج الربط بين المعلومات نوعية كانت أو كمية وبين مواقعها الحقيقية على سطح الأرض .

والشكل (١) يوضح محاور التعريفات السابقة الذكر مع تخصص المساهمين والذي يلعب دور هام في صياغة التعريف بما يتفق مع توجهاته العلمية والبحثية الى جانب مدى تعمقه في مجال استخدامه لتكنولوجيا نظم المعلومات الجغرافية. ويحتل الشكل أيضا أهمية أخرى تبدو في غاية الأهمية بالنسبة للجغرافيين، ففي مجموع التعاريف التي اعتمدت عليها هذه الدراسة والتي تصل الى ١٥ تعريف، من بينها ٦ تعاريف بنسبة ٤٠٪ لجغرافيين ، مما يوضح مدى اهتمام الجغرافيين بالمفاهيم الأساسية لنظم المعلومات الجغرافية .



شكل (١) : محاور مفاهيم نظم المعلومات الجغرافية

د) تحتل نظم المعلومات الجغرافية مسميات كثيرة تتفق مع مجال التطبيق كالآتي:

-- نظم المعلومات الكدسترالية (التفصيلية) Cadastral Information Systems

-- نظم المعلومات الجغرافية المركبة Multipurpose Geographic Data Systems

-- نظم المعلومات للمرئيات الفضائية Image based Information Systems

-- نظم المعلومات الاقليمية Land Information Systems

-- نظم المعلومات لادارة الموارد الطبيعية Natural Resource Management Information Systems

-- نظم المعلومات التخطيطية Planning Information Systems

-- نظم المعلومات المكانية Spatial Information Systems

-- نظم المعلومات البيئية Environmental Information Systems

-- نظم المعلومات الأرضية Geo-Information Systems

-- هذا الى جانب العديد من المسميات التي توضح نمط تطبيق نظم المعلومات الجغرافية.

وخلاصة القول يمكن لنا أن نخرج بتعريف لنظم المعلومات الجغرافية كالآتي:

" نظم المعلومات الجغرافية هي نمط تطبيقي لتكنولوجيا الحاسب الآلي والتي تهتم بانجاز وظائف خاصة في مجال معالجة وتحليل المعلومات بما يتفق مع الهدف التطبيقي لها معتمدة على كفاءة بشرية والكترونية متميزة ".

الفصل الثالث
تاريخ نظم المعلومات الجغرافية

عندما نتصفح ماكتب عن تاريخ نظم المعلومات الجغرافية نجد أن الكثيرين يصرون على أن ميلاد هذه النظم يتفق مع بداية ظهور النظام الكندي في عام ١٩٦٤ والذي سنعرضه بشيء من التفصيل فيما بعد، ولكن الآن علينا أن نتسائل: هل يمكن للنظام الكندي أن يصل الى مستواه المتطور دون اعتماده على ارهاصات أو مراحل تطورية سالفة؟ واذا كانت الاجابة هنا "لا" ، اذا، ماهى تلك الدعائم الأولية التي ساهمت بالفعل في وجود نظم المعلومات الجغرافية؟.

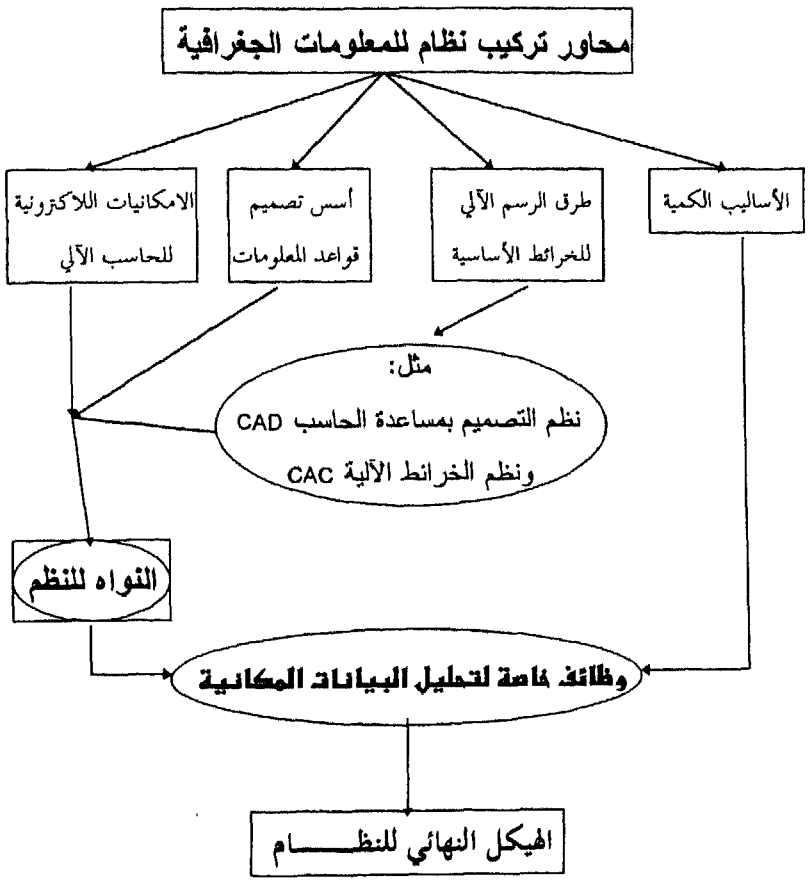
فاذا تمعنا محاور تركيب أي نظام للمعلومات الجغرافية في الوقت الحاضر شكل (٢)، لتبين لنا أن هناك أسس يعتمد عليها عند تصميم النظام وهى:

١) الأساليب الكمية التي تعتمد عليها عمليات التحليل المكاني للمعلومات

٢) طرق الرسم الآلي للخرائط

٣) أسس تصميم قواعد المعلومات

٤) الامكانيات الالكترونية المختلفة للحاسب الآلي



شكل (٢): المحاور الأساسية لتصميم نظام للمعلومات الجغرافية

وتعود الجهود الأولى لتأسيس هذه المحاور الى فترات زمنية طويلة ترتب عليها نشأة مايسمى اليوم بنظم المعلومات الجغرافية، فان عملية توقيع البيانات المكانية كميا والتي تستخدم حاليا في نظم المعلومات الجغرافية كان من غير الممكن نجاحها قبل حدوث تطورات متميزة في مجال انتاج الخرائط الكمية التي عرفت باسم خرائط توزيعات Thematic maps ، فقد ظهرت فكرة توقيع خرائط توزيعات على هيئة طبقات Layers لبيانات مكانية موقعة على خرائط أساسية ، وخير مثال هو ماقام به القائد العسكري والكارتوجرافي الفرنسي لويس ألكسندر برتييه Louis Alexandre Berthier الذي عاش مابين ١٧٥٣ - ١٨١٥م برسم خريطة متعددة الطبقات

المعلوماتية توضح تحركات القوات خلال حرب الانتصار في عام ١٧٨١م والذي تم فيه احتلال مدينة يوركتاون Yorktown الأمريكية ، وهذا النمط من التمثيل الكارتوجرافي يشبه الى حد كبير مايتبع اليوم في تصميم قواعد المعلومات الجغرافية (Rice and Browns, 1972) .

هذا وقد أتبع نفس أسلوب التمثيل على خرائط كمية ونوعية على هيئة طبقات معلوماتية Information Layers وذلك في منتصف القرن التاسع عشر الميلادي عند تصميم الأطلس المسمى باسم "Atlas to Accompany the Second report of the Irish Railway Commissioners" والذي عرض موضوعات عن السكان واتجاهات انسياب النقل على الطرق وتفاصيل جيولوجية وطبوغرافية وذلك بالاعتماد على نفس الخريطة الأساسية والتي رسمت مستقلة، والموضوعات المذكورة كل منها أيضا رسمت على لوحة من الورق الشفاف ليسهل تطابقها على الخريطة الأساسية، وهذه الطريقة تشبه الى حد كبير أيضا طرق العرض التي تتبع في نظم المعلومات الجغرافية اليوم (NCGIA,1991,23/3) .

أيضا الجهود الكارتوجرافية التي قام بها جون سنو John Snow في سبتمبر من عام ١٨٥٤ وذلك بتمثيل مواقع حدوث الوفاة بسبب مرض الكوليرا على خرائط لوسط لندن تعتبر نموذجا واضحا لعمليات التحليل الجغرافي للبيانات المكانية.

شترايخ Streich, 1986 ذكر أن الاحصائي الأمريكي هيرمان هولريث Herman Hollerith والذي عاش مابين ١٨٦٠ - ١٩٢٩م، يعتبر مؤسس مجال المعالجة الآلية للمعلومات الأرضية Automated Geoprocessing حيث أدخل فن البطاقات المثقبة Punched-Card techniques والتي أستخدمت في فرنسا مع برنامج تطبيقي باسم LOOMS لمعالجة المعلومات السكانية التي تم حصرها في عام ١٨٩٠ بواسطة الهيئة الحكومية لشؤون السكان بأمريكا، وبهذا أمكن تسجيل وتصنيف ومعالجة البيانات الديموغرافية لأول مرة الكترونيا.

ولايمكن لنا أن ننسى الجهود المتعددة التي ساهمت بها جامعة واشنطون، قسم الجغرافيا في الفترة مابين ١٩٥٨ - ١٩٦١م باجراء البحوث العلمية لتطوير الطرق الاحصائية ودعم طرق البرمجة بالحاسب الآلي الى جانب تطوير مجال الخرائط الآلية (Johnston, 1983, pp.62-66) ومن أهمها:

أ) جهود نيستوين Nystuen :

قام باعداد دراسات عن أسس التحليل المكاني للمعلومات وطرق قياس المسافات على الخرائط وطرق توجيه الخريطة ومايتعلق بذلك من علامات ورموز.

ب) جهود توبلر Tobler:

قام بتطوير طرق حساب اللوغاريتمات بلستخدام الحاسب الآلي وذلك لغرض تصميم مساقط الخرائط الآلية، هذا الى جانب جهوده العديدة في مجال تطوير طرق انتاج الخرائط الآلية.

ج) جهود بانجه Bunge:

ساهم بانجه في مجال الجغرافيا النظرية بوضع نظم التصنيف النوعي للأفكار الجغرافية، كما قام بدراسات في مجال الأسس الهندسية والرياضية للجغرافيين ومن أهمها طرق التعامل الهندسي مع النقط والخطوط والمساحات ليؤسس بذلك القواعد الهندسية لعناصر الخريطة وهذه تمثل أهم عنصر في قواعد المعلومات الجغرافية كما سنعرف فيما بعد.

د) جهود بري Berry:

قام بتوضيح طرق التوقيع المكاني للظاهرات على الخرائط باستخدام النقط أو الرموز، كما قام باجراء دراسات اقليمية عديدة في مجال الجغرافيا واستخدم فيها طرق تطابق موضوعات جغرافية متعددة على خريطة واحدة أي على هيئة طبقات معلوماتية Layers ، هذا الى جانب دراسات متعدده حول تقييم تفاصيل المادة العلمية الممثلة على طبقة معلوماتية واحدة.

هـ) جهود جارسون Garrison و هورود Horwood:

قام جارسون وهو جغرافي بالتعاون مع هورود الذي كان يعمل مهندس للطرق في نفس الجامعة بتطوير دراسات في مجال الأساليب الكمية اللازمة لتصنيف النقل ومايرتبط بذلك من مناهج احصائية.

وقد كان لكل هذه الجهود الأثر الواضح في توفير العوامل الأساسية اللازمة لظهور نظم المعلومات الجغرافية فيما بعد منذ الستينات، ويجدر بالذكر عرض مراحل تطور نظم المعلومات الجغرافية في الآتي:

١) مرحلة الستينات:

بالرغم من أن مرحلة الستينات تعتبر مرحلة مبكرة في تاريخ ظهور نظم المعلومات الجغرافية، الا أن هناك جهودا متعددة في كندا والولايات المتحدة الأمريكية والمملكة البريطانية، لذلك نرى أنه من الضروري عرض هذه الجهود منفصلة بغرض توضيح سمات كل منها .

أولا: الجهود الكندية:

تعود الجهود الكندية في الستينات في مجال نظم المعلومات الجغرافية الى العلامة الكندي روجر تومليسون Roger Tomlinson الذي بدأ حياته العملية كمهندس للمساحة الجوية في المؤسسة الكندية للمساحة الجوية Spartan Air Services والتي أخذت مشروعا في عام ١٩٦٠م لاجراء مسح جوي للغابات في شرق أفريقيا وذلك بهدف اجراء دراسات تحليلية لمجوعة من الخرائط والصور الجوية لتوضيح مناطق تصلح للاستيطان وأخرى للنفايات، وكانت تكاليف تنفيذ ذلك العمل يدويا كبير، فاقترح توملينسون أن ينفذ المشروع بمساعدة الحاسب الآلي، وعندما تمت الموافقة له قام بالتعاون مع مؤسسة IBM وزميله برات Pratt الذي كان يدير قسم الشؤون الزراعية بالحكومة الكندية وقتئذ، بتنفيذ المشروع الذي من خلاله اكتسب خبرة متميزة مما ساعد ذلك على تكليفه في عام ١٩٦٢ بتأسيس مايسمى بمشروع نظم المعلومات الجغرافية الكندي Canada Geographical Information System (CGIS) .

وكان الهدف الأساسي للمشروع هو تحليل البيانات التي تم جمعها بواسطة قسم رعاية الأراضي الزراعية بالحكومة الكندية بغرض الحصول على احصائيات يمكن الاعتماد عليها في وضع الخطط المستقبلية لادارة الأراضي الزراعية على مساحات كبيرة، وفي بادىء الأمر واجه المشروع صعوبات أهمها بطىء الحاسب الآلي وقتئذ وقلة امكانية التخزين للمعلومات، حيث كان يعتمد على حاسب آلي من نوع IBM 1401 بذاكرة ١٦ كيلوبايت ويعالج ١٠٠٠ عملية في الثانية ، ومثل هذا الجهاز كان يزن ٨٠٠٠ باوند وسعره ٦٠٠٠٠٠ دولار، للمقارنة يمكن الحصول على جهاز بهذه المواصفات بمبلغ لايزيد عن ٦٠٠ دولار بحيث لايزيد وزنه عن ١ باوند.

ومع ظهور جهاز حاسب آلي جديد من نوع IBM 360/65 وذلك في أبريل من عام ١٩٦٤م تحققت دفعة آلية قوية للنظام الكندي وخاصة وأن الجهاز الجديد كان يحتل ذاكرة ٥١٢ كيلوبايت ويعالج ٤٠٠٠٠٠ عملية في الثانية، كما توفرة فيه امكانية التخزين على شرائط

Tapes ، مما ساهم ذلك على سرعة ظهور النظام الكندي في نفس العام أي ١٩٦٤م ليكون أول نظام متكامل في مجال نظم المعلومات الجغرافية.

ويمكن وصف الملامح التنفيذية للنظام الكندي كالتالي:

-- أجريت عملية ترقيم الخرائط Map Digitization بالاعتماد على لوحات ترقيم كبيرة الحجم ٤٨"X ٤٨" مع فأرة ترقيم على هيئة قلم لادخال المواقع النقطية ومتابعة ادخال الخطوط.

-- المعلومات الوصفية Attribute data تم ترتيبها على هيئة قوائم بالاعتماد على نظام الترميز.

-- أدخل أيضا نظام الترقيم بالمساح Drum Scanner بحجم ٤٨"X ٤٨" لادخال الخرائط الى الحاسوب بطريقة Optical scanning بدلا من الطرق اليدوية البطيئة باستخدام المرقم Digitizer .

-- ادخلت أيضا عمليات تحويل البيانات المساحية Pixel data الى بيانات خطيةVector data .

-- بالاعتماد على نظام الاحداثيات المطلقة Absolute coordinate system أمكن من الربط بين البيانات الوصفية والخرائط .

-- بمساعدة النظام الاحدائي المذكور تم أيضا دمج اللوحات ببعضها بتطابق حافاتها .

-- تم تصميم نظام ادارة المعلومات المكانية بالاعتماد على حاسب آلي خصص لهذا الهدف وذلك بواسطة لغة أوامر خاصة Command Language لاجراء اعادة التصنيف للمعلومات الوصفية، وتعديل الخطوط على الخرائط، ورسم مساحات Polygons جديدة، ادخال نظام ترميز جديد للبحث داخل البيانات الوصفية و أيضا لانتاج قوائم وتقارير عن العمل.

- احتوت الخرائط للمشروع على سبعة طبقات معلوماتية بمقياس رسم ١ : ٥٠٠٠٠ وهى:

١) صلاحية التربة للزراعة

٢) مناطق قابلة للزراعة

٣) ثروة الحياة البرية في الغابات

٤) ثروة الحياة البرية – المائية

٥) الثروة الغابية

٦) استخدامات الأراضي الحالية

٧) خط الساحل

ثانيا: جهود جامعة هارفارد الأمريكية:

تعود الجهود المتميزة لجامعة هارفارد في مجال نظم المعلومات الجغرافية الى المهندس المعماري الأمريكي هوارد فيشرHoward Fisher والذي تلقى تدريبات خاصة عام ١٩٦٣م في مجال الخرائط الآلية بمعهد الدراسات الفنية لشمال غرب أمريكا، ثم انتقل فيشر الى جامعة هارفارد وخاصة في معهدGraduate School of Design وذلك للعمل هناك .

وفي عام ١٩٦٤م أسس فيشر معمل للحاسب الألي يختص بالرسومات الآلية والتحليل المكاني للبيانات باسمHarvard Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis وبمساعدة عدد من العاملين والمهتمين بمجال الرسومات الآلية استطاع فيشر من انتاج النسخة الأولى من برنامجSYMAP في نهاية عام ١٩٦٤م ، حيث كان الهدف الأساسي للبرنامج هو انتاج خرائط آلية واعتمد على طباع خطي لرسم خرائط خطوط التساوي وخرائط المساحات النسبية (الكوروبليث) لرسم خرائط الكثافات السكانية، فقد كانت نوعية الخرائط غير جيدة ومحدودة الوضوحpoor resolution ، وقد تم توزيع البرنامج في فترة محدودة لاتتعدى سنتان أكثر من ٥٠٠ نسخة داخل وخارج أمريكا، كما ترجمت ارشادات العمل للبرنامج الى لغات كثيرة بما فيها اليابانية. فقد كان البرنامج بمثابة طريقة سهلة ومبسطة لغير الكارتوجرافيين لانتاج خرائط آلية، كما أنه أعتبر من أولى المحاولات الناجحة لاستخدام الكمبيوتر في أنتاج خرائط.

ولم تتوقف جهود معمل جامعة هارفارد عند هذا الحد، بل ساهم في حل مشكلة اخراج الخرائط لأول مرة على رسامPlotter بدلا من الطباع مما رفع من درجة دقة الخرائط والرسومات البيانية، حيث تحقق ذلك بانتاج برنامج فرعي باسم CALFORM في نهاية الستينات وذلك للعمل مع SYMAP وعليه تحسنت نوعية الخرائط، ورفع من طريقة رسم مفتاح للخريطة، بالاضافة الى توفر امكانية ربط المعلومات الوصفية أو الجدولية بالخريطة وذلك بواسطة ترميز للربط بين الخريطة والجدول.

وحرصا على امكانية الحصول على مجسمات3 D من الخرائط تم انتاج برنامج فرعي آخر باسم SYMVU في نهاية الستينات أيضا، فقد كانت الرسومات المجسمة لهذا البرنامج أول نمط جديد لعرض البيانات المكانية في تاريخ استخدام الحاسب الآلي في الرسم الآلي.

ولم تنتهي الستينات قبل انتاج مساهمة جديدة لمعمل جامعة هارفارد لتغطية جانب معالجة البيانات المساحية Raster data وذلك ببرنامج فرعي آخر باسم GRID يعمل أيضا مع البرنامج الرئيسي SYMAP ، وقد مثل البرنامج الجديد نقطة بداية مايسمى بنظم المعلومات الجغرافية المساحية أو Raster GIS .

ولم يقتصر دور معمل جامعة هارفارد على انتاج وتسويق البرامج، بل ساهم في تدريب العديد من الطلاب والمهتمين في مجال نظم المعلومات الجغرافية والذين أخذوا على عاتقهم نقل الخبرات التي اكتسبوها هناك الى موطنهم سواء في التدريس بالجامعات أو في تأسيس مؤسسات خاصة ومن أشهرهم جاك دنجرموند Jack Dangermond حيث أسس في عام ١٩٦٩ معهد الدراسات البيئية الشهير باسم Environmental Systems Research Institute (ESRI) والذي سيأتي الحديث عنه فيما بعد.

ثالثا: جهود أخرى في الستينات:

ساعدت الجهود التي بذلت في جامعة هارفارد على اهتمام الجامعات الأمريكية والبريطانية في الستينات الى بذل جهود متميزة في اتجاهين، أولهما: الاعتماد على برنامج SYMAP وفروعه سابقة الذكر في العملية التدريسية للطلاب، ومن أهم الأمثلة لذلك هو تأسيس وحدة تدريس خاصة في الكلية الملكية البريطانية للآداب في لندن باسم Cartographic Unit at the Royal College of Arts in London، وماقام به قسم الجغرافيا بجامعة متشجن الأمريكية Michigan University ، هذا الى جانب تأسيس لجنة معالجة البيانات الجغرافية تابعة للاتحاد الدولي للجغرافيين في عام ١٩٦٨م .

أما الاتجاه الثاني: فقد تمثل في جهود رائعة لانتاج برامج ونظم خاصة معظمها تم تطويره أيضا بالجامعات الأمريكية والكندية والبريطانية، الى جانب جهود من قبل حكومات محلية بالولايات أو في شركات تجارية خاصة، ويمكن عرضها كالآتي:

أ) نظم تم تطويرها في الجامعات:

-- نظام GEOMAP والذي تم تطويره في قسم الجغرافيا بجامعة وترلو Waterloo University

-- نظام MANS والذي تم تطويره في جامعة ميريلاند الأمريكية Maryland University

-- نظام LUNR تم تطويره في جامعة ولاية نيويورك New York State University

-- نظام Oxford Cartographic System بجامعة أوكسفورد البريطانية

-- نظام NRIS and GIMMS وتم تطويرهما في جامعة ايدنبورغ,Edinburgh University U.K.

ب) نظم تم تطويرها بواسطة الحكومات المحلية للولايات:

-- نظامMLMIS في ولاية مينسوتاMinnesota State

-- نظام MIADS في قسم شؤون الغابات الأمريكيةUS-Forest Service

-- نظامNARIS في ولاية الينويIllinois State

-- نظامCLUIS في ولاية مساشوستسMassachusetts State

-- نظامCMS في اقليم أوزاركسOzarks Region, USA

-- نظامMAP/MODEL في واشنطون

-- نظام AUTOMAP في مؤسسة خاصة باسمCentral Intelligence Agency,USA

-- نظامBRADMAP في برادفورد بانجلترا

-- نظامFARIS في حكومة السويد

-- نظامERIE في حكومة أونتاريو الكندية

-- وأخيرا نظامDIME تم تطويره في ادارة شؤون السكان الأمريكيةUS Bureau of Census

هذا الى جانب عدد من النظم التي لم تنشر قبل نهاية الستينات، ومن أهم ماتم انجازه أيضا في الستينات هو تأسيس الجمعية الدولية لنظم المعلومات للتخطيط الحضري والاقليميUrban and Regional Information System Association (URISA) وذلك في عام ١٩٦٣ بتوصية من المؤتمر الدولي الأول للتخطيط العمراني ونظم المعلومات والذي عقد في نفس العام في أوتاوا بكندا، وتقوم الجمعية المذكورة بتنظيم مؤتمرات سنوية تساهم من خلالها بدعم عملية تبادل الخبرات بين المشاركين من جميع أنحاء العالم.

٢) مرحلة السبعينات:

شهدت فترة السبعينات من هذا القرن اهتماما متزايدا من قبل الحكومات بمجال الاستفادة من تكنولوجيا نظم المعلومات الجغرافية وخاصة في مجال دراسة الثروات الطبيعية وحماية البيئة

البرية والبحرية والتي تعتمد على معالجة بيانات متعددة ومتشابكة، ويمكن عرض محاور الجهود التي بذلت في السبعينات في الآتي:

-- انخفاض سعر الحاسب الآلي مما شجع الكثيرين على الانخراط في تطبيقاته المختلفة ومنها نظم المعلومات الجغرافية، وخاصة وأن ارتفاع سعر الحاسب الآلي من قبل كان يشكل عقبة تنفيذية واضحة.

-- أدخلت تحسينات جديدة على البرامج سالفة الذكر بحيث تعطي سرعة ودقة في معالجة البيانات واعطاء دقة في الرسومات والخرائط الآلية.

-- في عام ١٩٧٠م تم عقد أول مؤتمر في نظم المعلومات الجغرافية بتنظيم من الاتحاد الدولي للجغرافيين وبدعم من اليونسكو، حيث حضره أربعون مشاركا من دول عديدة، وقد تم مناقشة النظم التي أنجزت حتى تاريخه، وللمقارنة فقد حضر المؤتمر الثاني في عام ١٩٧٢م أكثر من ٣٠٠ مشارك، وكان مقر المؤتمرين في أوتاوا عاصمة كندا وموطن نظم المعلومات الجغرافية.

-- في عام ١٩٧٢م أصدر الاتحاد الدولي للجغرافيين أول كتاب عن نظم المعلومات الجغرافية بعنوان"Geographical data handling" والذي يعتبر دعامة هامة للمبتدئين لما يتضمنه من تقارير وتحليلات لنظم تم الاعتماد عليها.

-- في عام ١٩٧٤م بدأت سلسلة المؤتمرات المعروفة باسم AUTOCARTO مرة كل سنتن وتعتبر فرصة هامة لزيادة الاتصال العلمي والبحثي بين المشاركين .

-- في منتصف السبعينات نظم الاتحاد الدولي للجغرافيين لقاءا بين رواد نظم المعلومات الجغرافية للتعرف على دراسة الامكانيات المتوفرة حتى تاريخه في مجال معالجة المعلومات المكانية وخاصة من خلال الاطلاع النقدي والتفحيصي لحوالي ٥٣ نظام منفرد يهتم بمعالجة المعلومات المكانية.

-- في السبعينات بدأت العديد من الجامعات تنظم محاضرات وتقدم مقررات في نظم المعلومات الجغرافية ومن أهمها جامعة بافالوNew York State University at SUNY Buffalo ، وجامعة ساستشوانSaskatchewan University in Saskatoon هذا الى جانب جامعة ايدنبورغ وجامعة فانكوفر بكندا وجامعة درهام بانجلترا وجامعة زيورخ بسويسرا وجامعة لندن، مما ساعد على زيادة القاعدة الأساسية لنجاح انتشار نظم المعلومات الجغرافية والمتمثلة في تأهيل الأفراد.

-- بدء شركات تجارية خاصة في تطوير نظم خاصة بها والتي عادة تعطي للنظام اسم الشركة نفسه وأهم هذه الشركات هي,GIMMS, Synercom, Intergraph, Comarc Calma, Raytheon, System house وكانت لاتنحصر جهود هذه الشركات على نظم المعلومات الجغرافية فقط ، ولكن أيضا في مجال الرسم بالحاسب الآليComputer sGraphic ونظم التصميم بمساعدة الحاسب الآليCAD ونظم معالجة المرئيات الفضائية Image Processing .

-- واصل معمل جامعة هارفارد جهوده سالفة الذكر وذلك بانتاج برنامج فرعي يعمل مع SYMAP باسمPOLYVRT في بداية السبعينات لانجاز مهام تحويل ملفات المعلومات من النظم الأخرى لقراءتها بنظام SYMAP ، هذا وفي منتصف السبعينات تم انتاج برنامج فرعي آخر باسم ODYSSEY والذي يقوم باستكمال مهام POLYVRT وخاصة بمايتعلق بالبيانات الخطية ، كما أنه يحتوي على عمليات لوغاريتمية خاصة لمطابقة المساحات، ويمكن التنويه الى أن الجهود التي بذلت في معمل جامعة هارفارد قد اعتمدت على ثلاثة شخصيات هامة هي:

أ) هوارد فيشرHoward Fisher الذي أسس المعمل وقام بتطويرSYMAP والمساهمة في تطوير البرامج الفرعية له والتي ذكرت من قبل.

ب) ويليم وارنتزWilliam Warntz ساهم في تطوير طرق فنية عديدة، الى جانب جهوده المتميزة في مجال نظريات التحليل المكاني التي تعتمد على الحاسب الآلي وخاصة المعلومات المكانية.

ج) سكوت مورهاوس Scott Morehouse والذي قام بتطوير برنامج ODSSEY والذي انتقل به فيما بعد مع جاك دانجرموندJack Dangermond ليؤسسا مؤسسة ESRI ووضع الخطة الأساسية لتطوير نظام ARC/INFO الذي سنتعرض له فيما بعد.

-- اتسمت فترة السبعينات بظهور جهود متميزة لقسم شؤون السكان الأمريكيBureau of the Census في مجال نظم المعلومات الجغرافية والتي جاءت بناء على حاجة القسم لانجاز الأفكار التالية:

١) الحاجة الى طريقة فنية لتصحيح طرق التوقيع الجغرافي لمواقع البيانات السكانية، وخاصة طريقة تحويل عناوين السكان الى النظام الاحداثي على الخريطة ومن ثم ربطه بالأقاليم

السكانية، هذا الى جانب توفير امكانية الاعتماد على الاحداثيات الجغرافية للحصول على تقارير سكانية عن الأقاليم.

٢) الحاجة للاستفادة التامة من الجغرافيا السكانية وخاصة في مجالات اعداد شبكات للتعداد السكاني للأقاليم الصغيرة داخل المناطق السكانية ومحاولة اختيار نظام ترميز لمواقع السكان geocoded Census

وعليه فقد تم انجاز أول نظام ترميز لمواقع السكان في عام ١٩٧٠م ، كما تم اعداد ملفات كمبيوترية باسمDIME أوDual Independent Map Encoding ، وعقد اول مؤتمر دولي حول ال DIME في عام ١٩٧٢م والذي بموجبه أدى الى تأسيس جمعية SORSA أي الجمعية الدولية لنظم الاحداثيات والجيوديسيا.

وفي عام ١٩٧٠م بدأ قسم شؤون السكان الأمريكي بانتاج أطلس للمدن يضم بيانات سكانية وذلك بالاعتماد على تكنولوجيا الحاسب الآلي وخاصة نظم انتاج الخرائط الآلية ونظم معالجة البيانات الاحصائية.

وختاما للجهود التي بذلت في فترة السبعينات فقد حرص الاتحاد الدولي للجغرافيين في عام ١٩٧٨م على تنظيم سلسلة من السيمنارات أو الحلقات العلمية حول تقييم المستوى التطبيقي لنظم المعلومات الجغرافية، وكانت هناك عدة ملاحظات وأفكار تقييمية نوجزها كالآتي ((Tomlinson,1990 :

١) مازال لايوجد تصنيف واضح للعلاقات المكانية بين الظاهرات الجغرافية.

٢) مازالت لاتوجد هناك مجموعات محددة من الاستفسارات المكانية والتي يمكن أن يعتمد عليها عند تشكيل قواعد للبيانات المكانية.

٣) مازال لايوجد المناخ المناسب للاعتماد على نظم ادارة قواعد المعلومات والتي تتشكل بصورة فردية فقط.

٤) لايوجد فهم واضح للعلاقات المتغيرة في قواعد المعلومات والتي على أساسها يمكن تسجيل العلاقات المكانية للظاهرات.

٥) يوجد هناك فهم بسيط للعلاقة بين الحاجة لتحديد مفاهيم العلاقات المكانية وبين مايجب عرضه لتحقيق رغبات وأهداف معينة.

٦) يوجد فهم بسيط للعلاقة بين وجود العلاقات المكانية بنظم ادارة المعلومات وبين ماسوف تقدمه أجهزة الحاسب الآلي في المستقبل.

٣) مرحلة الثمانينات:

تعرف فترة الثمانينات بفترة الرخاء في مجال نظم المعلومات الجغرافية، وذلك لما ظهر فيها من نظم ضخمة ومتعددة الوظائف، هذا الى جانب انخراط شركات تجارية خاصة في تطوير نظم كبيرة، حيث اذا قارنا النظم التجارية بالنظم التي طورت في الجامعات والحكومات في الستينات والسبعينات وأيضا الثمانينات نجد أن النظم التجارية تتفوق بالكثير وخاصة لاحتوائها على حجم كبير من العمليات التحليلية الخاصة للمعلومات بينما تقتصر النظم الجامعية والحكومية على جوانب معينة، وهذا راجع الى أن النظم التجارية تعتمد على رؤوس أموال ضخمة والتي في طبيعتها تذلل العقبات نحو الاعتماد على أحدث أجهزة حاسب آلي وأيضا الاعتماد على عدد مناسب من المبرمجين الذين اكتسبوا خبرات جيدة في الجامعات من قبل .
وعند محاولة حصر عدد النظم التي لها علاقة بنظم المعلومات الجغرافية نجد أنها وصلت حتى عام ١٩٨٣م الى أكثر من ١٠٠٠ نظام تغطي سواء جوانب محدودة في نظم المعلومات أو تهتم بالخرائط الآلية، وقد وصل العدد في نهاية الثمانينات الى ٤٠٠٠ نظام ((Tomlinson,1990,p.24 .

المرحـــلة التطورية	ملامـــــح التطـــــور
جهود ماقبل القرن العشرين	- جهود ألكسندر برتييه، ١٧٨١، تصميم أول خريطة متعددة الطبقات المعلوماتية
	- جهود بريطانية، منتصف القرن ١٩، تصميم أول أطلس لخرائط كمية
	- جهود سنو،١٨٥٤، أول خرائط للتحليل المكاني للبيانات
	- جهود هولريث،١٨٩٠، تاسيس المعالجة الآلية للمعلومات الأرضية
	- جهود فرانسية، ١٨٩٠، تطوير برنامج LOOMS لمعالجة البيانات الديمغرافية
جهود ماقبل الستينيات	- جهود نيوستين: دراسات في أسس التحليل المكاني للمعلومات
من القرن العشـــرين	- جهود توبلر: تصميم مسافط الخرائط آليا
	- جهود بانجه: الأسس الرياضية للجغرافيين
	- جهود بري: تطوير طرق التوقيع المكاني للبيانات
	- جهود جارسون وهورد: تطوير أساليب كمية في جغرافية النقل
جهود في حقبة الستينيات	- جهود كندية، ١٩٦٤: تطوير أول نظام معلومات جغرافي متكامل
من القرن العشـــــرين	- جهود جامعة هارفارد، ١٩٦٤: تأسيس معمل وتطوير نظم عديدة
	- جهود بريطانية،١٩٦٨: تأسيس معمل تدريسي وبحثي متخصص
	- جهود حكومية متنوعة في كندا، وأمريكا، والسويد، وبريطانيا
جهود في حقبة السبعينيات	- ١٩٧٠: عقد أول مؤتمر متخصص بكندا
من القرن العشـــرين	- ١٩٧٣: بدء طرح مقررات دراسية بالجامعات في أمريكا وكندا
	- ١٩٧٥: بدء شركات خاصة في تطوير نظم متعددة
	- ١٩٧٦: ظهر طرق حديثة لتمثيل خرائط السكان آليا
	- ١٩٧٦: انتاج ملفات معلوماتية ديمغرافية باسم DIME

شكل (٣): يوضح الجهود الأساسية التي ساهمت في تطوير نظم المعلومات الجغرافية وملامح التطور حتى التسعينيات

جهود في حقبة الثمانينيات	– اتساع خريطة مستخدمي النظم – تطوير امكانيات الحاسوب
من القرن العشـــــرين	– ظهور نظم حديثة مثلARC/INFO, IDRISI,Intergraph
	– انتاج ملفات معلوماتية مثلTIGER, World Data Bank I,II
	– بداية حقيقية للثورة المعلوماتية وظهور نظمGPS,RTS
	– ادخال النظم في الشبكات العالمية للاتصالات مثلBITNET
	– تطوير أساليب التدريس في الجامعات والمعاهد والمؤسسات الخاصة
جهود في حقبة التسعينيات	– ظهور نظم تجمع مابينRaster GIS & Vector GIS
من القرن العشـــــرين	– ادخال أساليب الوسائط المتعددةGIS In Multimedia
	– انضمام بعض دول العالم الثالث الى قائمة المستخدمين للنظم
	– أول محاولة عربية لانتاج نظام عربي في جامعة قطر

تابع شكل (٣): يوضح الجهود الأساسية التي ساهمت في تطوير نظم المعلومات الجغرافية وملامح التطور حتى حقبة التسعينيات من القرن العشرين

ويمكن تحديد السمات التطورية لنظم المعلومات الجغرافية في الثمانينات في النقاط الآتية:

١) اتساع القاعدة العريضة للمستخدمينUsers لنظم المعلومات الجغرافية، فقد امتدت خريطة التوسع لانتشار نظم المعلومات الجغرافية في الثمانينات لتشمل دول أوروبا بلا استثناء بمافيها دول شرق أوروبا والاتحاد السوفيتي السابق الى جانب بعض الدول الأفريقية وخاصة جمهورية جنوب أفريقيا ونيجريا وتونس ومصر، وأيضا في دول آسيوية عديدة وخاصة اليابان والصين وقطر والمملكة العربية السعودية والأردن، حيث قدر عدد المؤسسات الحكومية والتعليمية والتجارية التي تعتمد على نظم المعلومات الجغرافية حتى نهاية الثمانينات بأكثر من ١٠,٠٠٠ مؤسسة تستخدم نظم مختلفة سبق تطويرها من قبل منتجيها الأصليين.

٢) يطلق على فترة الثمانينات بأنها كانت تمثل **مرحلة التغيير** الهام في تكنولوجيا نظم المعلومات الجغرافية، ويمكن ارجاع دواعي هذه التسمية الى الآتي:

أ) التطور السريع الذي شهدته أجهزة ومكونات الحاسب الآلي والمتمثلة في سرعة معالجة البيانات، تعدد امكانيات التخزين، ظهور تقدم في أجهزة الادخال والعرض والاخراج، هذا بجانب انخفاض أسعارها، حيث أصبحت في متناول عدد كبير من المهتمين.

ب) ظهور نظم متكاملة تحتوي على وظائف عديدة في مجال نظم المعلومات الجغرافية أهمها نظامARC/INFO من مؤسسةESRI (Environmental Systems Research Institute) ونظام SPANS من مؤسسة TYDAC Technologies ونظام SICAD من مؤسسة سيمنس بألمانيا ونظام Intergraph ونظام IDRISI من جامعة كلارك الأمريكية، هذا الى جانب العديد من النظم الأخرى التي تغطي متطلبات التطبيقات المختلفة .

ج) التغلب على مشكلة تبادل المعلومات بين النظم المختلفة وذلك بعقد اتفاقيات بين الشركات المنتجة للنظم المختلفة لتبادل مفاتيح قراءة الملفات المعلوماتية، مما كان له الأثر الأكبر في سهولة عملية اختيار النظام حسب امكانياته لقراءة الملفات الخارجية، وأيضا سهولة الاعتماد على الخرائط الأساسية التي تم انتاجها آليا من قبل في الحكومات والمؤسسات التجارية المختلفة.

د) ظهور الملفات المعلوماتية العالمية مثل TIGER وUS GeoData وUS Census DIME Products وأيضا World data bank I,II والتي أصبح الاعتماد عليها يمثل انجازا لأكثر من ٤٥٪ من مراحل انجاز أية مشروع تطبيقي في نظم المعلومات الجغرافية ، وخاصة وأن القضية الكبرى للنظم التطبيقية هى كيفية الحصول على المعلومات ، وكيفية تصنيفها، وكيفية التنسيق فيما بينها ، والتي تشكل تقريبا ٦٥٪ من حجم الجهود التي يجب بذلها لانجاز النظام التطبيقي، ويظهر ذلك في الدول حديثة الخبرة في هذا المجال المتطور.

هـ) تطور أساليب اعداد قواعد المعلومات، والتي كانت تشكل معوقا تنفيذيا من قبل لعدم توفر نماذج تطبيقية ناجحة يمكن أن يقتدى بها، وخاصة في مجال تصنيف وترميز المعلومات المكانية Spatial data .

٣) شهدت فترة الثمانينات سلسلة منتظمة من المؤتمرات والندوات في مجال نظم المعلومات الجغرافية، والتي كانت تزيد عن عشرة مؤتمرات وندوات دولية ,أهمها سلسلة مؤتمرات الاتحاد الدولي للجغرافيين والتي تعقد بصفة سنوية، وسلسلة مؤتمراتAUTOCARTO ، ومؤتمرات المستخدمين لنظام ال ARC/INFO في كاليفورنيا، هذا الى جانب مؤتمرات وندوات

اقليمية وأسابيع تدريبية وحلقات عمل عديدة، وكل هذه اللقاءات كانت بمثابة فرصة التفاعل بين أصحاب الخبرة وبين الباحثين عنها، مما انعكس على طبيعة التطبيقات المختلفة في مجالات عديدة.

٤) تعتبر فترة الثمانينات من هذا القرن هي فترة بداية الثورة المعلوماتية والتي نشهدها الآن ، حيث شهدت تطورا كبيرا وسريعا في نظم المسح الأرضي وجمع المعلومات الحقلية، فالى جانب النجاح الكبير الذي تحقق في مجال معالجة المرئيات الفضائية سواء بواسطة نظم متخصصة أو بواسطة نظم المعلومات الجغرافية التي تتعامل مع البيانات المساحيةRaster data والتي أطلق عليها مباشرة نظمRaster GIS ، الى جانب ذلك تطورت أيضا أساليب المسح الحقلي بالاعتماد على أجهزة التحديد المكاني على سطح الكرة الأرضيةGlobal Positioning Systems (GPS) والتي غيرت من طبيعة الأعمال المساحية الحقلية، هذا بالاضافة الى ظهور أجهزة الارسال المباشر للمعلومات الى شبكات الحاسب الآلي والتي تسمىReall Time Systems (RTS) .

٥) تقدم مجال الاتصال المباشر بين رواد ومستخدمي نظم المعلومات الجغرافية عن طريق شبكات الاتصال العالمية مثل Bitnet وأيضا الشبكات المتخصصة في اعطاء الجديد في هذا المجال مباشرة مثل GIS Online والتي يتم تنظيمها من قبل أسرة GIS World في كولورادو بالولايات المتحدة الأمريكية واللتي تعتبر من أبسط وسائل الاتصال الدولي والتي تناسب الأفراد العاديين حيث يحتاج المشترك الى وجود حاسب آلي شخصي به موديم Modem متصل بخط هاتف أو تليفون كمتطلب أساسي للمشاركة في الشبكة الى جانب دفع رسوم زهيدة .

٦) صدور العديد من المجلات العلمية والدوريات المتخصصة في نظم المعلومات الجغرافية، وأيضا المؤلفات والمراجع العلمية المتخصصة الى جانب نشر تقارير عن النظم المختلفة، كل ذلك ساعد على اتساع الأفق العلمي والتطبيقي لتلك النظم .

٧) تطور أساليب التدريس بالجامعات في مجال نظم المعلومات الجغرافية، وخاصة منح درجات علمية في هذا المجال الحديث، مع زيادة اهتمام الجامعات بتبادل الخبرات التدريسية،

هذا الى جانب انتاج كتب تعليمية ومذاكرات ومن أهمها ماتم انتاجه في نهاية الثمانينات و أوائل التسعينات في الولايات المتحدة باسم NCGIA Core Curriculum من انتاج ثلاث جامعات هي جامعة سانت بربرا في كاليفورنيا وجامعة بفالو بولاية نيويورك وجامعة ماين في ولاية ميريلاند (سوف يعرض فيما بعد بالتفصيل)، هذا بالاضافة الى تأسيس معاهد خاصة ودور تعليمية لاعطاء دورات تدريبية ومنح درجة دبلوم خاص في نظم المعلومات الجغرافية .

٤) مرحلة التسعينيات:

بالرغم من أننا مازلنا في منتصف حقبة التسعينات، الا أن التطورات السريعة التي تشهدها نظم المعلومات الجغرافية تعتبر جديرة بالذكر، وخاصة ما أدخل من تعديلات على النظم التي بدأت في الثمانينات ، كما اتسع نطاق استخدامها، ويمكن لنا ذكر ملامح التطور في النقاط التالية:

١) من أهم المعوقات التي كانت تواجه العديد من النظم في حقبة الثمانينات هو ضرورة اعتمادها على نظم فرعية أخرى تغطي مابها من عجز في الوظائف والخدمات وخاصة مايتعلق بتحليل المرئيات الفضائية، حيث كان من الضروري اختيار نظم منفردة مثلERDAS or Landesat لتغطي هذا الجانب بشرط توفر امكانية الربط Interface or link مع برنامج نظم المعلومات الجغرافية، مما كان يزيد من التكاليف ومدة التدريب مع الوضع في الاعتبار التعرض الى صعوبات عديدة عند تبادل البيانات، كما كان سائدا في الثمانينات بفردية نظم المعلومات الجغرافية أي أن النظام كان يهتم بالبيانات الخطي Vector data ليطلق عليه Vector GIS أو بالبيانات المساحية Raster data ليطلق عليه Raster GIS ، لذلك اهتمت المؤسسات المنتجة للنظم الكبرى بتطويرها ليحتوي على النظام الواحد امكانيات التعامل مع كل من البيانات الخطية والمساحية معا، بالاضافة الى وجود وظائف خاصة لتحويل كل نمط الى الآخر مباشرة، ومن أمثلة هذه النظم نظام SPANS ver.3 ونظامIDRISI ver.4 ونظام ARC/INFO ver.6 ونظامIntergraph ، وهذه مرحلة تطورية هامة في الحقبة الحالية.

٢) ظهور نظم جديدة تتركب من نمطين مختلفين في نظم الرسم الآلي ومعالجة البيانات، وذلك بهدف الحصول على نتائج أجود، فمثلا: بالتعاون بين مؤسسة ESRI المؤسسة المنتجة لنظام ARC/INFO والذي يخضع لنظم المعلومات الجغرافية GIS وبين مؤسسة Autodesk المؤسسة

المنتجة برنامجAUTOCAD والذي يخضع الى نظم التصميم والرسم بمساعدة الحاسب الآلي (CAD Computer Aided Design) ، وكان هدف التعاون هو الجمع بين القدرات المتميزة لدى الAUTOCAD في الرسم الآلي بأنواعه المجسم3 D وغير المجسم2 D وبين مميزات الوظائف التحليلية للبيانات المتوفرة في ال ARC/INFO ودمجهما في نظام واحد لاتاحة امكانية الاستفادة المثلى من النظام الجديد والذي أطلق عليه اسم ARCCAD صدرت النسخة الأولى منه في عام ١٩٩١م ، وهذه الخطوة الفنية تعتبر خطوة تطورية في مجال التوافق بين النظم المختلفة.

٣) تعتبر عملية اضافة وظائف جديدة الى نظم المعلومات الجغرافية والمتمثلة في الوسائل أو المعدات المتعددة Multimedia مثل كروت الصوت Sound cards وكروت الفيديو Video cards من أهم السمات التطورية في مجال التطبيقات الحديثة والتي تعود على المجتمعات بالفائدة المباشرة والسريعة ، حيث استخدمت في التطبيقات الخاصة بالاسعافات الأولية والمطافىء والخدمات المرورية والأمنية، كتوضيح أقصر الطرق الى مكان الحادث أو الجريمة بالصوت والصورة الى جانب الخريطة، ومع دخول نظم المعلومات الجغرافية مثل هذا الجيل من التطبيقات الحضرية، فان ذلك في حد ذاته لبرهان كافي على مدى أهمية تلك النظم في الحياة اليومية لتصبح ضرورة ملحة يلزم وضعها في الهيكل التخطيطي الجديد لتطور المجتمعات وخاصة مع تعرض المدن مؤخرا الى موجات من الجرائم والحوادث كنتائج طبيعية لأسباب عديدة أهمها تضخم المدن والارتفاع المتزايد في نسبة البطالة.

٤) زيادة الاهتمام بتدريس نظم المعلومات الجغرافية في الجامعات والمعاهد العلمية، حيث وضعت جرعات علمية ومقررات اجبارية في الهيكل الدراسي لتحل محل مقررات تقليدية، هذا بالاضافة الى زيادة عدد حلقات المناقشة أو ورش العملWorkshops التي بدورها تعتبر اتجاها تطوريا لنظم المعلومات الجغرافية، وخاصة لما يتم فيها من تبادل الخبرات وتنمية الأفكار بغرض تطوير النظم المحلية بما فيها التطبيقات المختلفة.

٥) توسع خريطة ادخال تكنولوجيا نظم المعلومات الجغرافية لتضم عددا من دول العالم الثالث بعد مرور أكثر من ربع قرن على ميلاد نظم المعلومات الجغرافية كماسبق عرضه، وترجع

الاسباب الحقيقية لذلك الى انشغال معظم دول العالم النامي في الخمسينيات والستينيات والسبعينيات بقضايا الاستقلال وماتلى ذلك من مشاريع تشييد الخدمات الأساسية كالطرق وحفر الآبار وبناء السدود ووسائل الاتصال وبناء المدارس ودور الخدمات الأساسية المختلفة، وفي الثمانينات دخلت تلك الدول مرحلة التخطيط الحضري والاقليمي ومواجهة قضايا اعادة التسكين وبناء مدن جديدة، هذا الى جانب متابعة المحافضة على الثروة الزراعية، مما أدى الى زيادة الحاجة الى نظم المعلومات الجغرافية والتي في الغالب لم تطبق في معظم دول العالم الثالث حتي اليوم الا أن هناك برامج تنموية باشراف اليونسكو والفروع الأخرى للأمم المتحدة لمنح بعض الدول الامداد المتعدد سواء التكاليف أو الخبرة البشرية لغرض ادخال نظم المعلومات الجغرافية في المشاريع التخطيطية المختلفة.

وعلينا الآن أن نتساءل: ماهو وضع الدول العربية من المسيرة التطورية لنظم المعلومات الجغرافية؟ هل توجد هناك اهتمامات من قبل الحكومات والجامعات والأفراد في الدول العربية بتلك النظم؟ هل توجد هناك نظم خاصة تم تطويرها بالجهود الذاتية؟ أم أن الدول العربية يمكن تصنيفها تحت الدول المستخدمة لنظم ال GIS وليست منتجة لها؟

بصورة عامة لاتوجد دولة عربية اليوم لاتفكر في ادخال نظم المعلومات الجغرافية، الا أن مثل هذه التوجهات لم تظهر الا في السنوات القليلة الماضية، والتي لاتتعدي ثمانية سنوات من اليوم، فأقدم اهتمام عربي في هذا المجال ينحصر في مجموعة محدودة من الدول هي تونس ومصر، والمملكة العربية السعودية، وقطر، والكويت، والمملكة الأردنية الهاشمية، وعمان، ودولة الامارات العربية المتحدة، وذلك حسب الترتيب الزمني للتفكير في ادخال النظم وأيضا التطبيق المحلي لها، أما باقي الدول العربية مازالت في حالة دراسة الجدوى من ادخال النظم، غير أنه يوجد في جامعات عربية عديدة معامل للرسم الآلي ونظم المعلومات الجغرافية.

وتعتبر دولة قطر رائدة التطبيق لنظم المعلومات الجغرافية في الاقليم العربي، فقد بدأت الخطة التنفيذية في نهاية عام ١٩٨٩ وذلك بربط وزارات وادارات الدولة بشبكة معلوماتية متميزة بالاعتماد على نظام ARC/INFO ، وفي خلال فترة وجيزة تم الانتهاء من ترقيم الخرائط الاساسية بمقاييس رسم مختلفة, ووضع خطط تنفيذية لكل وزارة تعتمد على موسوعة معلوماتية خاصة Data Dictionary وذلك لاتمام الخطط التطبيقية المحلية، ومع هذا الانجاز فازت دولة قطر بجائزة مؤسسة URISA العالمية في عام ١٩٩٢م كأفضل انجاز تطبيقي لنظم

المعلومات الجغرافية في الجهاز الحكومي ، هذا وحرصا من الحكومة القطرية على تشجيع دول الاقليم العربي للاستفادة من نظم المعلومات الجغرافية نظمت أول مؤتمر اقليمي لنظم المعلومات الجغرافية بالدوحة في يناير ١٩٩٣ وحضره أكثر من ١٠٠٠ مشارك من حوالي ٤٥ دولة اقليمية وعالمية.

وفي دولة الامارات تولي ثلاثة امارات هي امارة أبوظبي وامارة دبي وامارة الشارقة، تولي اهتماما متميزا في مجال تطبيق نظم المعلومات الجغرافية، والتي تعتمد على تعريب نظام Intergraph ، كما وأن امارة الشارقة حرصت على عقد مؤتمر عن تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية بالشارقة في فبراير ١٩٩٣م، والذي يعتبر أول لقاء يجمع عدد كبير من التطبيقات المختلفة التي تم انجازها في دول عديدة ومن أهمها ألمانيا والنمسا والولايات المتحدة واستراليا واليابان.

أما مصر فتعتمد في هذا المجال على مشاريع التعاون بين الوزارات المختلفة ومركز نظم المعلومات الجغرافية الكندي في أوتاوا ، هذا الى جانب وجود بعض التطبيقات للبرامج التعليمية في جامعة القاهرة وجامعة عين شمس وجامعة الاسكندرية وجامعة المنيا، كما توجد شركات تجارية تعمل كوكلاء محليين لعدد من النظم ومن أهمها,CARIS, IDRISI ARC/INFO, ALWIS ، كما تهتم بعض هذه الشركات بقضايا التعريب.

وتعتبر تونس من أولى الدول العربية التي اهتمت بادخال نظم المعلومات الجغرافية، حيث تعتمد على برامج التعاون مع الحكومة الفرنسية في هذا المجال ومن أشهر التطبيقات المحلية نظام "صميم" أوSAMIM

ويمكن القول أن الدول العربية تعتبر حتى اليوم من الدول التي تستخدم نظم المعلومات الجغرافية ولم تصل بعد الى مرحلة انتاج نظم محلية، الا أن مؤلف هذا الكتاب قام بالكشف عن نقاب أحد النظم التي يقوم بتطويرها في معمل الخرائط الآلية ونظم المعلومات الجغرافية بجامعة قطر وذلك في المؤتمر السابق ذكره بالدوحة، وقد أطلق على النظام بصفة مبدئية اسم "الخزامي" أوALKHOZAMY "" والذي توقف عن التطوير بعد صدور النسخة الأولى منه في عام ١٩٩٣م ضمن فعاليات المؤتمر الدولي لنظم المعلومات الجغرافية في الدوحة،وذلك بسبب عدم اعتماد ميزانية للتطوير من قبل جامعة قطر، اما عن النظام نفسه فهو يعمل على الحواسيب الشخصية من أجهزة ال IBM ومايتفق معها وذلك تحت نظام التشغيل

WINDOWS 3.1 المدعوم باللغة العربية، ويأمل المؤلف أن تتاح الفرصة مستقبلا لاستمرار تطوير النظام، والذي سوف يلعب دورا بارزا في مجال نظم المعلومات الجغرافية بالدول العربية.

ومن ناحية أخرى تعتبر جامعة قطر من أولى الجامعات في الاقليم العربي والتي أسست برنامج تدريسي عن نظم المعلومات الجغرافية لجميع كليات الجامعة، وقد طبق بالفعل بالنسبة لطلبة جغرافيا تخصص تخطيط عمراني في مرحلتي البكالوريوس وأيضا في مرحلة الدبلوم العالي لنفس التخصص وذلك بواقع ٦ ساعات أسبوعية مكتسبة، كما لايجب تجاهل الجهود التي بذلت في قسم الجغرافيا بكلية الآداب، جامعة الملك سعود بالرياض في تأسيس معمل متخصص في نظم المعلومات الجغرافية عام ١٩٩٧م ، وادراج خطة تدريسية متطورة تضم عدد من المقررات المخصصة للخرائط الآلية ونظم المعلومات الجغرافية، هذا بالاضافة الى جهود قسم الجغرافيا بجامعة أم القرى، الذي انتهى أيضا في عام ١٩٩٧م من انشاء معمل لنظم المعلومات الجغرافية، حيث تدرس مقررات متخصصة لطلاب الدراسات العليا، وتجرى حاليا دراسة خطة لطلاب البكالوريوس تحتوي مقررات نظم المعلومات الجغرافية.

الفصل الرابع
نظم المعلومات الجغرافية
وعلاقتها بالمجالات العلمية والفنية

عند الحديث عن المجالات العلمية المختلفة، يخطر في البال التساؤل: هل يمكن اعتبار نظم المعلومات الجغرافية علما؟ أم هي مجرد تقنية من نوع خاص؟ وعند الأخذ بالرأي القائل أن نظم المعلومات الجغرافية هي مجرد تقنية تطبيقية للحاسب الآلي، فاننا ربما نكون بعيدين كثيرا عن الصواب، لأنه في هذه الحالة قد نتجاهل الجهود الأكاديمية التي تبذل لغرض النهوض بهذا المجال الجديد بالركب العلمي ليحظى بالمزيد من الدعم لتكثيف البحث العلمي ، كما أن هناك أكثر من شهادة علمية تمنح بالجامعات في مجال نظم المعلومات الجغرافية تبدأ بالدبلوم ثم الماجستير وبل وأيضا الدكتوراة، هذا بالاضافة الى وجود أقسام علمية بالجامعات تحمل اسم قسم نظم المعلومات الجغرافية، فاذا درسنا دليل الجامعات والمعاهد التي تدرس نظم المعلومات الجغرافية الذي أصدره Morgen,III (1991) نجد أن الدليل يحتوي على حوالي ٤٤٥ قسم في التخصصات المختلفة التي تدرس فيها نظم المعلومات الجغرافية والتي يمكن عرضها في الجدول الآتي:

اسم التخصص	العدد	النسبة المئوية
الجغرافيا	٢٥٤	٥٦٪
التخطيط	٥١	١١٪
العلوم الأرضية	٣٤	٨٪
علم البيئة	٢٧	٦٪
المساحة	١٧	٤٪
هندسة الغابات	١٦	٤٪
هندسة مدنية	١٤	٣٪
هندسة معمارية	٨	٢٪
هندسة زراعية	٨	٢٪
أخرى	١٦	٤٪
المجموع	٤٤٥	١٠٠٪

جدول (١): النسب المئوية لتطبيق نظم المعلومات الجغرافية في التخصصات العلمية المختلفة

المصدر: مستخلص من دراسة: MORGAN, 1990

وبدراسة الجدول أعلاه نجد أن أكثر من نصف مجموع التخصصات التي لها علاقة علمية تطبيقية مع نظم المعلومات الجغرافية هو من نصيب علم الجغرافيا، فالجغرافيون يعتبرون من أوائل الذين اهتموا بنواحي الاستفادة التطبيقية لكفاءة الحاسوب في معالجة المعلومات، كما ساهموا بالفعل منذ البداية في تطوير استخدام الحاسوب في نظم الرسم الآلي للخرائط ومن ثم نظم المعلومات الجغرافية (أنظر الجزء الخاص بتاريخ نظم المعلومات الجغرافية). ويجدر بالذكر أن الكشف عن بعض الدوافع التي كانت وراء اهتمام الجغرافيين بنظم المعلومات الجغرافية تكمن في النقاط الآتي:

-- من المعروف أن الجغرافيا تعتمد في محاورها العلمية على المعلومات المكانية عن الظاهرات الجغرافية سواء كانت معلومات كمية أو غير كمية، وعند اجراء دراسة جغرافية تطبيقية عن محيط بيئي ما، فانه يلزم ليس فقط وصف المعالم والظاهرات البشرية والطبيعية والعلاقة فيما بينها فحسب، ولكن من الضروري أيضا أن تجرى هناك دراسات تحليلية للمعلومات الكمية المتوفرة عن الظاهرات الجغرافية واظهار الروابط فيما بينها لتحديد السمة المكانية لها، ومثل هذه الدراسات التحليلية تحتاج الى أساليب كمية تساهم في ابراز الاحصائيات والجداول في شكل بياني مناسب، وهنا تبرز أهمية الحاسب الآلي في القيام بهذه المهمة ليس فقط في رسومات بيانية، ولكن أيضا بتوقيعها على خرائط بما يتناسب مع هدف الدراسة الجغرافية.

-- لقد صاحب تقدم تكنولوجيا الاستشعار عن بعد خلال الحقبتين السابقتين توفر كم هائل من المعلومات المكانية عن ظاهرات سطح الأرض، مما دفع الجغرافي الى التوجة الى الاعتماد على الحاسوب في قراءة وتحليل مرئيات الاستشعار والتي يصعب اجراؤها بالطرق التقليدية وخاصة التعامل مع المعلومات الرقمية Digital data التي توفرها المؤسسات القائمة على تطوير طرق الاستفادة المثلى من المعلومات الفضائية عن سطح الأرض.

-- يمكن القول أيضا أن من الدوافع التي ساهمت في زيادة اهتمام الجغرافيين بنظم المعلومات الجغرافية هى اهتمام الجغرافي الحديث بمجال تطبيقية جديدة مثل اعادة تخطيط مناطق التجمعات العمرانية من مدن وقرى بما يتفق مع الامكانيات الطبيعية والبشرية والاقتصادية للاقليم، فمن المعروف أن مثل هذا المجال التطبيقي من الدراسات الجغرافية الحديثة يعتمد بالطبع على كم هائل ومتنوع من المعلومات والتي يلزم دراستها بناء على معايير وأسس تخدم هدف الدراسة، ولذلك

يعتبر دور نظم المعلومات الجغرافية على درجة كبيرة من الوضوح والأهمية كوسيلة آلية تحقق الجوانب التحليلية للبيانات وعرض النتائج في صورة تساعد المخطط من الوقوف عند الوضع الحقيقي للمعطيات المختلفة في اقليم الخطة، حيث يبرز الجدول السابق المكانة التطبيقية لنظم المعلومات الجغرافي في مجال التخطيط ، والذي يتصدر المركز الثاني بالنسبة للمجالات العلمية الأخرى.

فهل من الأصوب أن نعتبر نظم المعلومات الجغرافية أيضا علم كغيره من العلوم التي تتمتع بشخصيتها وكيانها المنهجي؟ و اذا أطلقنا في هذا المجال اسم "علم نظم المعلومات الجغرافية" نجد أن هناك نوعا من عدم الوضوح لما في الاسم من شمولية، فهل هناك من تسمية يمكن أن نستخدمها في هذا المنوال ويكون لها المدلول الواضح بالمقصود منها؟
فبناء على اعتبار أن نظم المعلومات الجغرافية تهتم في الأساس بالمعلومات المكانية باختلاف أنواعها، كما أنها تدعم مجالات شديدة التشعب والاندماج مع فروع علمية ومجالات تطبيقية عديدة، لذلك فانه من الأحرى أن نصنفها كعلم مستقل يسمى باسم "**علم المعلومات المكانية**" Science of Spatial Information .

والآن، علينا أن نوضح العلاقة المتبادلة بين نظم المعلومات الجغرافية وبين المجالات العلمية الأخرى، حيث نقصد بالعلاقة المتبادلة هنا هو تأثير كل طرف على الآخر وابراز ملامح هذا التأثير سواء كمصدر لتوفير المادة العلمية أو كوسيلة تطبيقية أو غير ذلك، ويمكن عرض ذلك كالأتي:

أولا: علم الجغرافيـــا:

يعرف البعض علم الجغرافيا بأنه علم العلاقات المكانية، أي أنه يهتم بدراسة العلاقات المكانية للظاهرات الطبيعية والبشرية ومايتتج عن ذلك من تفاعلات بيئية تشكل كيان الحياة على سطح الأرض، لذلك يعتبر علم الجغرافيا هو المصدر الأول للأفكار الجغرافية التي تبلور شخصية المكان من حيث الموقع الحقيقي على سطح الأرض ومسببات نشأته الطبيعية وشبه الطبيعية والبشرية،

وتحديد ملامحه الوصفية والكمية، بل وأيضا تحديد مدى التفاعل البيني ومايمكن أن يتعرض له من تغييرات وذلك بالاعتماد على التحليل الكمي المتتابع لملامحه، وهنا تلتقي نظم المعلومات الجغرافية مع علم الجغرافيا لتصل الى ذروة وظائفها التحليلية للمساهمة في وضع الافتراضات أو التنبوءات المستقبلية التي يمكن أن تطرأ على الظاهرات الجغرافية.

وبمراجعة الجدول أعلاه، يتبين أن أكثر من نصف المجالات العلمية التي تطبق فيها نظم المعلومات الجغرافية تخضع لعلم الجغرافيا، وهذا دليل على الصلة الوثيقة بينهما وتوفر المجالات المعلوماتية التي تحتاج الى تطبيق نظم المعلومات الجغرافية فيها، فالجغرافيا تعتبر من العلوم الأولي التي واجهت الثورة المعلوماتية والتي بدأت مع نجاح تكنولوجيا الاستشعار عن بعد وماصاحب ذلك من تدفق سريع للمعلومات عن كوكب الأرض، مما ترتب عليه صعوبة الاعتماد على الطرق التقليدية في تحليل وتفسير وتصنيف المعلومات الفضائية وخاصة اذا كانت مرئيات تحتاج الى تحليل آلي، وعليه أصبحت هناك ضرورة ملحة لدى الجغرافيين من ادخال تكنولوجيا التحليل الآلي للمعلومات والمتمثلة في نظم المعلومات الجغرافية الى حيز عملهم، لتسلك الجغرافيا بذلك اليوم منهجا بحثيا جديدا، وهو منهج التحليل الآلي للبيانات، والذي يدعونا أن نعتبر الجغرافيا علما تطبيقيا ولم يعد علما وصفيا كما كان.

ثانيا: علم الكارتوجرافيا Cartography :

يعتبر علم الكارتوجرافيا (أو علم الخرائط) من أهم فروع علم الجغرافيا والذي يهتم بالخريطة من حيث المادة التي تحتويها، و طريقة تمثيلها، و مراحل انتاجها، وكيفية الاستفادة منها. فمنذ نجاح استخدام الحاسب الآلي في مجال الرسم في الستينيات من هذا القرن وقد أخذت الكارتوجرافيا مسلكا تنفيذيا جديدا حيث يطلق عليه الخرائط الآلية أو Computer Cartography والتي تشكل جانبا هاما في مجال نظم المعلومات الجغرافية، وخاصة مايتفق مع العرض البياني Graphics Display الأمثل للبيانات والخرائط.

وعلينا الآن أن نتساءل: ماهي أهم ملامح الروابط بين الكارتوجرافيا ونظم المعلومات الجغرافية؟ هل هى علمية؟ أم فنية؟ أم تطبيقية؟

مؤسسة ESRI الشهيرة تحدد في منشوراتها الخاصة ببرنامج ARC/INFO أن نظم المعلومات الجغرافية تعتمد على ثلاثة محاور علمية هى : الجغرافيا و الكارتوجرافيا وعلوم الحاسب، وهذا مايوضح أن الكارتوجرافيا عنصر علمي هام في هذا المجال المتطور.

ونرى أن الكارتوجرافيا تلعب دورا هاما في انجاح نظم المعومات الجغرافية، ويمكن سرد ما تقدمه الكارتوجرافيا في المراحل المختلفة لانجاز نظم المعلومات الجغرافية في النقاط الآتية:

١) من المعروف أن المعلومات المكانية تتحدد بواسطة النقط والخطوط والمساحات، ويخضع كل عنصر منها الى أساليب فنية خاصة كالسمك،والحجم، والشكل، واللون، وطريقة الرسم، وقواعد التوقيع المكاني بما يتفق مع باقي محتويات الخريطة، وهذه الأساليب الفنية هي من اهتمام الكارتوجرافيا والتي يجب الالمام بها في مجال تنفيذ مشروع في نظم المعلومات الجغرافية.

٢) تقدم الكارتوجرافيا جانبا هاما في مجال تصميم قواعد البيانات الجغرافية وهو مساقط الخرائط Map Projections، حيث توضح أنواع المساقط، طرق رسمها، أسس اختيارها، فالمسقط هو الشكل المستوي لسطح الأرض أو جزء منه، لذلك لابد من الاعتماد على احدى المساقط للحصول على خريطة مستوية لاقليم الدراسة تتيح امكانية توقيع البيانات عليها.

٣) يعتبر موضوع كيفية اختيار مقياس الرسم للخريطة من الموضوعات الأساسية التي تهتم بها الكارتوجرافيا، فقد تواجه محلل نظم المعلومات الجغرافية صعوبات عندما يريد اختيارمقياس رسم مناسب مع مساحة الاقليم وحجم الورق وكثافة المعلومات المطلوب عرضها أو اخراجها من الحاسب الآلي، وخاصة اذا كان يفتقد الخبرة الكارتوجرافية الأساسية اللازمة كاحدى أساسيات التأهيل في نظم المعلومات الجغرافية، والكارتوجرافيا تقدم حلولا لمعالجة قضية اختيار مقياس الرسم المناسب، وطرق رسمه، واخراجه الفني، هذا الى جانب عمليات التصغير والتكبير ومايترتب عليها من ضرورة اجراء التعميم أو التبسيط لعناصر الخريطة Map generalization حتى تتفق كثافة المعلومات مع حجم الخريطة.

٤) تعتبر قضية الألوان من أهم متطلبات عرض البيانات في نظم المعلومات الجغرافية، فالكارتوجرافيا تتيح القواعد المناسبة لاختيار الألوان بما يتفق مع الموضوع بحيث يتوفر لدى اللون امكانية التعبير عن الظاهرة أو الموضوع، ويمكن تحديد أهم قواعد اختيار الألوان Arnberger (1977,p.61) للخرائط في الآتي:

-- المدلول الطبيعي للألوان: يقصد هنا اختيار الألوان بمايتفق مع اللون الطبيعي للظاهرات، فمثلا يختار اللون الأخضر للدلالة على الغطاءات النباتية واللون الأزرق للماء، حتى يتحقق بذلك خاصية تطابق الألوانColour Assoziation .

-- **حساسية الألوان:** وتعتمد هنا على الفرق بين الألوان الدافئة والألوان الباردة، فالألوان التي تبدأ من أصفر وتمر بالبرتقالي حتي تنتهي بالأحمر الداكن هى الألوان الدافئة والتي تستخدم لتمثيل الأقاليم الحارة والجافة والدافئة على سطح الأرض أو القيم الموجبة كالارتفاعات التضاريسية فوق مستوى سطح البحر، والألوان التي تبدأ بالأخضر وحتى الأزرق الداكن هى الألوان الباردة، والتي تستخدم في تمثيل الأقاليم الباردة والرطبة، أو القيم السالبة كالانخفاضات تحت مستوى سطح البحر أو الأعماق.

-- **درجة اللون:** يقصد بها التدرج في اللون من الدرجة اللونية الخفيفة مرورا بالمتوسطة حتى الداكنة، فاذا كانت هناك حالات التمثيل الكمي للبيانات المتفاوتة في القيم، يعتمد على اختيار اللون الداكن للقيمة الكبرى وتتدرج كلما قلت القيمة انخفضت أو خفت درجة اللون.

٥) تهتم الكارتوجرافيا بقواعد الاخراج الفني للخرائط، وتحديد الشكل الأنسب لمفتاح الخريطة Map Legend ومكانه الصحيح، وأيضا شكل ومكان مقياس الرسم، وقواعد توجيه الخريطة نحو الشمال الجغرافي الحقيقي، وشكل الاطار الخارجي والداخلي للخريطة، والموقع الأفضل لعنوان الخريطة، وهذه القواعد الفنية تعتبر من أهم متطلبات عرض المعلومات الخرائطية في نظم المعلومات الجغرافية.

٦) تعتبر الرموز Symbols من أهم عناصر الخريطة وخاصة في مجال تمثيل خرائط التوزيعات لموضوعات اقتصادية وسكانية، فالرموز تختلف حسب النوع، حيث هناك رموز هندسية الشكل ورموز تصويرية، وعليه فان نظم المعلومات الجغرافية تستمد أسس اختيار ورسم الرموز من الكارتوجرافيا.

٣) الاستشعار عن بعد Remote Sensing:

يعد الاستشعار عن بعد من المجالات العلمية التي تعتمد عليها نظم المعلومات الجغرافية، خاصة كمصدر هام للمعلومات الحديثة والدقيقة عن الكرة الأرضية، فكما سبق التنويه اليه، أنه مع نجاح تكنولوجيا الاستشعار عن بعد أصبح دور نظم المعلومات الجغرافية أمرا ملحا، وخاصة بسبب زيادة حجم المعلومات وتنوعها الشديد، مماترتب عليه صعوبة الاستفادة منها بالطرق التقليدية.
ولم تقتصر العلاقة فيما بينهما عند هذا الحد، بل احتوت نظم المعلومات الجغرافية على نظم خاصة تقوم بمعالجة المرئيات الفضائية وفي نفس الوقت تقوم بمطابقتها مع بيانات خطية لخرائط أساسية وذلك للحصول على نتائج مرضية.

٤) المساحة التصويرية Photogrammetry:

تعتبر المساحة التصويرية الجوية أهم عمليات المسح الأرضي للحصول على بيانات تفصيلية دقيقة، والتي تساهم في الحصول على البيانات الأساسية اللازمة لانتاج خرائط طبوغرافية Topographic maps.

ومن المعروف أن نظم المعلومات الجغرافية تعتمد على الخرائط الطبوغرافية كخرائط أساسية Base maps لتوزيع المعلومات عليها، فكلما كانت الخرائط الأساسية على درجة عالية من الدقة، كلما ساهم ذلك في دقة التحديد والتوقيع المكاني للمعلومات وزادت دقة التحليل المكاني.

٥) المساحة Surveying:

تساهم المساحة الأرضية بنصيب كبير في مجال جمع البيانات الحقلية اللازمة لمشاريع نظم المعلومات الجغرافية، فبالرغم من صعوبة اجراء العمليات المساحية التقليدية، الا أنها تتيح بيانات على درجة عالية من الدقة ، وخاصة مايتعلق منها بالتوقيع المكاني للظاهرات كالمباني والمنشآت ونقاط التحكم الحدودي الى غيره .

٦) علم الاحصاء Statistics:

يهتم الاحصاء بالمعلومات الكمية، والتي يتم جمعها من الميدان بواسطة احدى الطرق الاحصائية المتبعة لجمع البيانات، وتجرى على البيانات اجراء عمليات تحليلية خاصة كحساب المتوسطات والمعدلات واتجاهات النمو للظاهرات، وهنا تلتقي نظم المعلومات الجغرافية مع الاحصاء حيث تتوفر بتلك النظم وظائف خاصة Special functions لاجراء العمليات التحليلية على البيانات الاحصائية.

وتعتبر الاحصاء احدى الفروع العلمية الهامة التي تساهم في دعم نظم المعلومات الجغرافية بالمادة العلمية التي تعتمد على الملامح الكمية للظاهرات، وقد حرص منتجو نظم المعلومات الجغرافية على الاهتمام بوجود نماذج المعلومات data models التي تتفق مع الأساليب الاحصائية.

٧) علوم الحاسب الآلي Computer Science:

هناك أربع فروع في مجال علوم الحاسب والتي لها علاقة وثيقة بنظم المعلومات الجغرافية وهى:

أ) **مجال التصميم بمساعدة الحاسب الآلي** Computer Aided Design (CAD) : والذي يتيح البرامج الخاصة بالرسم، كما يقدم حلولا فنية مناسبة لعمليات ادخال البيانات الخطية كالخرائط وعرض البيانات وخاصة المجسمة منها، وكل هذه الامكانيات تستمد منها نظم المعلومات الجغرافية مايتفق مع متطلبات الادخال للمعلومات.

ب) **مجال الرسم الآلي** Computer Graphics: يتيح هذا الفرع العلمي والفني الهام أسس تطور مكونات الحاسب الآلي Computer Hardware وأيضا برامج الرسم والعرض البياني للمعلومات .

ج) **نظم ادارة قواعد المعلومات** Database Management Systems (DBMS): وتتيح الطرق الفنية المناسبة لعرض البيانات في حالة رقمية Digital form ، وطرق تصميم النظم المتكاملة، وطرق التعامل مع الكميات الكبيرة من المعلومات، وطرق اعداد روابط الكترونيةInterfaces

لتبادل المعلومات، وطرق تحديث المعلومات. وبالطبع تعتبر جميع هذه الامكانيات في غاية الأهمية بالنسبة لعملية تصميم قواعد للمعلومات في نظم المعلومات الجغرافية.

د) مجال الذكاء الصناعي Artificial Intelligence: تتيح أساليب اجراء خيارات على البيانات المتوفرة بحيث تبدو النتيجة مشابهة تماما بالذكاء البشري، أي أن الحاسب الآلي يقوم باجراء عمليات كالخبير مثلا كرسم الخرائط ، أو تعميم أوتبسيط للظاهرات الجغرافية، وهذا المجال المتطور مازال مفقودا في تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، ومن المنتظر أن تضاف الى هذه النظم عمليات الذكاء الصناعي.

الباب الثاني

أنواع نظم المعلومات الجغرافية

الفصل الأول: مقدمـــــــة

الفصل الثاني: نظم المعلومات الجغرافية الخطية

الفصل الثالث: نظم المعلومات الجغرافية المساحية

الباب الثاني
أنواع نظم المعلومات الجغرافية

الفصل الأول
مقدمـــــــــة

عندما يقرأ البعض عنوان الباب الحالي، ربما يحضر الى ذهنه على الفور، قضية التنويع في تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية والتي أصبحت اليوم من الصعب حصرها، وذلك بسبب اتساع القاعدة التطبيقية لتلك النظم باتساع المجالات العلمية المختلفة، ولكن المقصود هنا توضيح أنواع نظم المعلومات الجغرافية ليس من ناحية موضوع التطبيق، ولكن من ناحية طبيعة المعلومات التي تتعامل معها هذه النظم المتطورة والتي يترتب عليها تحديد نمط المعالجة اللازمة للبيانات.

فماهي اذا أنواع نظم المعلومات الجغرافية في هذا القبيل؟ هل يمكن أن يكون بينها علاقة تحليلية لخدمة التطبيقات المختلفة؟ وماهي امكانيات Capabilities كل منها؟ .

يتضمن هذا الباب الاجابة عن التساؤلات السابقة، لما لها من أهمية بالغة لغرض توضيح أساسيات نظم المعلومات الجغرافية، وخاصة قبل الانخراط في الجوانب العلمية والفنية وطرق الإستفادة منها.

فنظم المعلومات الجغرافية تتنوع من حيث طبيعة المعلومات الى نوعين فقط هما:

أ) نظم المعلومات الجغرافية الخطية Vector GIS

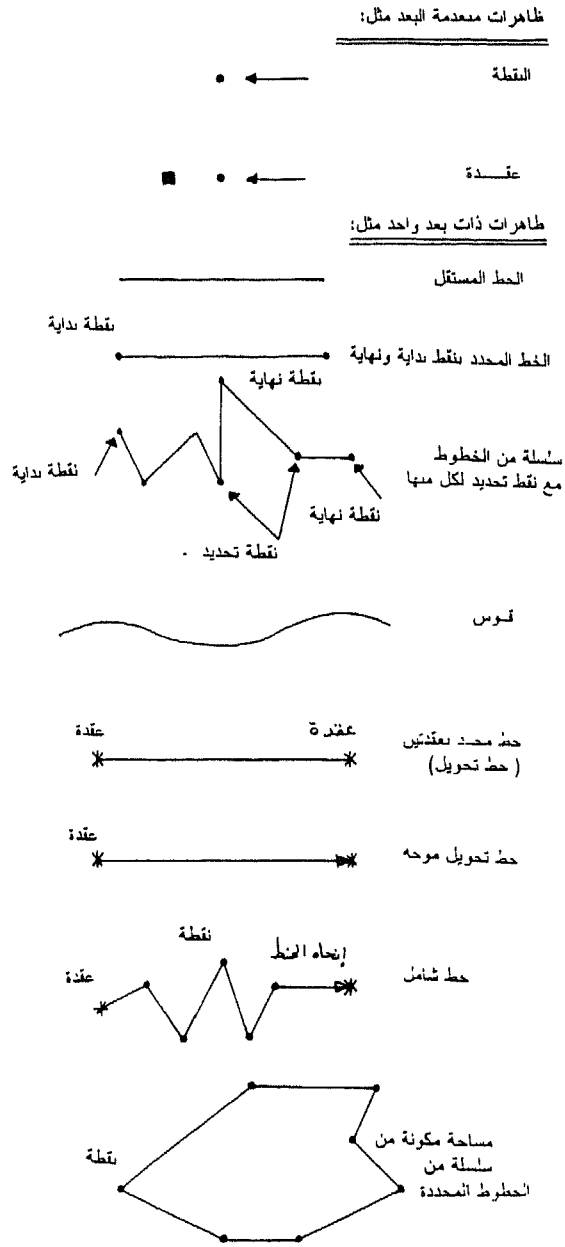
ب) نظم المعلومات الجغرافية المساحية Raster GIS

ويمكن عرض كل منهما بالتفصيل واظهار الامكانيات التي تمتاز بها على النحو الآتي:

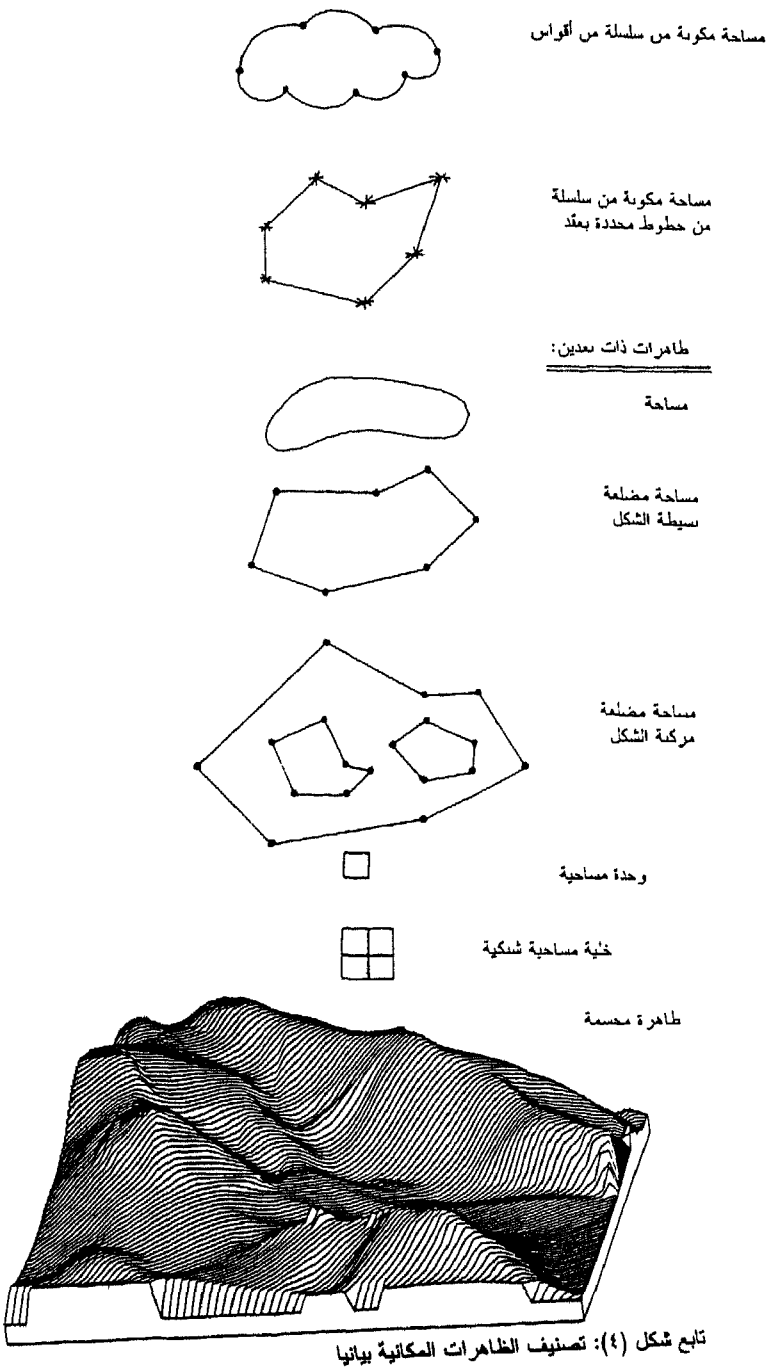
الفصل الثاني
نظم المعلومات الجغرافية الخطية

يهتم هذا النوع من النظم بالبيانات الخطية أو الاتجاهية Vector data ، والتي تتمثل في ثلاثة أنواع من البيانات فالأولى منها هى النقطية Point data أي تلك البيانات التي توقع على الخرائط على هيئة نقطة أو في موقع محدد له احداثية سينية وصادية واحدة فقط ، مثل موقع مدينة ما أو موقع بئر أو موقع محطة بترول ، والثانية هي البيانات الخطية Line data أي البيانات التي تأخذ شكل الخط على الخرائط مثل طريق، أو حد سياسي، أو خط مجرى مائي ، أما الثالثة هي البيانات المساحية Polygon or area وهي المساحات التي يمكن تحديدها بخط مثل الأقاليم الزراعية، أو المناطق العمرانية، أو المساحة التي يمتد عليها مطار ما، أو بحيرة، أو حديقة ... الى آخره.

والنقطة هي العنصر البياني الأساسي في هذا النوع من النظم، والتي تحدد موقع الظاهرة النقطية، وعند رسم الظاهرات الخطية يتم ذلك بتوصيل سلسلة من النقط المتتابعة حسب احداثياتها المختلفة لتشكل بذلك الخط، أما المساحات تحدد بمجموعة من الخطوط التي تحيط بها أو خط واحد مغلق تتساوى فيه احداثيات نقطة النهاية مع احداثيات نقطة البداية، وبالطبع تتم هذه العملية خلال مرحلة ترقيم الخرائط بالاعتماد على المرقمات Digitizers، ويطلق في مجال نظم المعلومات الجغرافية على الخطوط مصطلح أقواس Arcs ، يطلق مصطلح Node بمعنى عقدة على نقطتي البداية والنهاية للقوس، أما النقاط التي تتوسط العقدتين وتقع على امتداد القوس تسمى باسم قمة Vertex، هذا وتستخدم مصطلحات أخرى مثلEdge , Chain وكل منهما تعني الخط الذي يصل بين نقطتين مثل في حالة القوس.



شكل (٤): تصنيف الظاهرات المكانية بيانيا



تابع شكل (٤): تصنيف الظاهرات المكانية بيانيا

ويهتم شكل (٤) بعرض بياني لمثل هذه المصطلحات مع تصنيف لها من حيث طبيعة رسمها، فمنها ذات البعد الواحد وأخرى ببعدين وثالثة ليس لها بعد، ومن المعروف أن الظاهرات التي تحتل الأبعاد الثلاثة هي تلك المجسمات، والتي يعرضها الشكل في نموذج تضاريسي. ويجدر بالذكر توضيح كيفية اعداد هذا النوع من النظم، فقد سبق أن ذكرنا أن نظم المعلومات الجغرافية تتميز عن غيرها بوجود وظائف التحليل المكاني للبيانات التفصيلية، لذلك فانه يمكن القول بأن نظام المعلومات الجغرافي يعتمد على شقين أساسيين هما : البيانات المكانية Spatial data والتي تتمثل في الخرائط وعناصرها الأساسية، والآخر البيانات التفصيلية أو الوصفية عن المكان Attribute data ، وعندما يتم الربط فيما بينهما، نعتبر أن القاعدة الأساسية للنظام قد استكملت، ويبقى فقط اجراء العمليات التحليلية عليها.

ففي حالة نظم المعلومات الجغرافية الخطية يمكن توضيح الخطوات الرئيسية اللازمة لانجاز القاعدة الأساسية لها في الآتي:

أ) مرحلة ادخال البيانات المكانية:

في هذه المرحلة يتم ادخال البيانات المكانية سواء بواسطة عملية الترقيم Digitization للخرائط الملموسة Analog maps أو قراءتها مباشرة من مصادر رقمية Digital sources ، وعادة تحتاج هذه المعلومات الى عمليات مراجعة وتعديل لكي يمكن الاعتماد عليها، ومن أهمها العمليات الآتية:

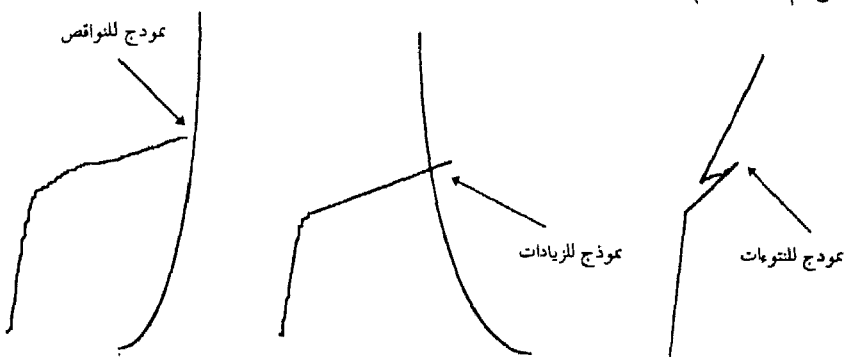
١) عملية تكوين التفاصيل الطبولوجية Building topology :

ويقصد بهذه العملية تحديد التفاصيل بين محتويات البيانات المكانية للتفريق بين النقط و الخطوط أو الأقواس والمساحات وادخال ترميز لكل منها بواسطة حرف هجائي أو رقم عددي لكي يمثل الرمز أو الكود التعريفي ID لعنصر الخريطة، هذا بالاضافة الى اظهار العلاقات الطبولوجية فيما بينها مثل حساب وتحديد العلاقات بين النقط والخطوط والمساحات، حيث تقوم معظم النظم المستخدمة في هذا المجال بتكوين جداول تضم هذه التفاصيل الطبولوجية(أنظر الرسم السابق).

٢) تنقيح البيانات المكانية Editing of spatial data:

تعتبر هذه العملية هامة في مجال اعداد قواعد للبيانات المكانية، حيث يتم فيها ادخال تعديلات وتصحيحات على المشكلات التي تترتب أثناء انجاز التصنيف الطبولوجي وادخال البيانات، وأهم

هذه المشكلات هى ظهور الزيادات Overshoots والنواقص Undershoots والنتوءات Spikes (أنظر الرسم شكل ٥).



شكل (٥): نماذج للبيانات المكانية المراد تنقيحها

ويتم انجاز عملية التنقيح للبيانات المكانية بالاعتماد على وظائف خاصة أهمها ربط العناصر ببعضها snap أو move أو join ، وكذلك الغاء الزيادات بواسطة الغاء delete أو تقسيم split الى غيره من الأوامر التي تغطي هذا الجانب.

كما أن هناك عمليات تعديل تجرى على البيانات التي تم ترقيمها، وخاصة تلك التي تبدو غير مطابقة في الشكل بعد الترقيم بالشكل الحقيقي سواء على الخريطة أو في الطبيعة مثل مبنى باعتباره شكلا منتظما يتعرض أثناء الترقيم لانحراف الجوانب كما بالرسم أدناه.

ويواجه عملية التنقيح للبيانات المكانية قضية أخرى وهى وجود مساحات غير مغلقة، أي أن الخط أو القوس الذي يجب أن تنطبق نقطة نهايته تماما مع نقطة بدايته، يتعرض لأخطاء في الترقيم مما يترتب عليه عدم انطباق النقطتين المقصودتين، وبذلك لاتتكون هناك مساحة، وفي هذه الحالة يلزم الاعتماد على وظائف في مجال تنقيح البيانات لتقوم باغلاق المساحة، ولتفادي كثرة تكرار مثل هذه الحالات أثناء الترقيم توفرت في بعض النظم امكانية تكوين مساحات بالاعتماد على خطوط فقط، أي أن النظام يتطلب ادخال الخطوط التي تحيط بالمساحة قبل الترقيم وباستخدام وظيفة تكوين مساحات Build polygons يقوم النظام بالبحث في الخطوط المختلفة وتكوين مساحات فيما بينها.

٣) عملية توصيل الأركان للخرائط Edgematching:

تعتبر هذه العملية من عمليات التنقيح الهامة، وخاصة اذا كانت هناك لوحات خرائطية عديدة تغطي اقليم الدراسة، وعليه فانه من الضروري انجاز عملية مطابقة جوانب اللوحات وذلك بمقارنة الجوانب والظاهرات المشتركة في اللوحات المتجاورة، وهناك العديد من النظم الآلية التي تقوم بهذا العمل .

ب) مرحلة أضافة البيانات التفصيلية Attribute data:

تبدأ هذه المرحلة بعد انجاز مرحلتي ادخال البيانات المكانية واجراء التنقيح عليها، حيث يتم ربط البيانات التفصيلية بقراءتها من قواعد البيانات الرقمية، التي تم تخزين هذا النوع من البيانات فيها . أما عن كيفية الربط مع البيانات المكانية يتم بواسطة رموز تعريف ID تحدد من قبل في البيانات التفصيلية على هيئة قوائم أو جداول تعرف باسم جداول البيانات التفصيلية Attribute table.

والآن ماهى امكانيات نظم المعلومات الجغرافية الخطية؟ وبماذا يمكن أن تفيدنا؟
تتنوع امكانيات هذا النوع من النظم بحيث تغطي مجالات عديدة، والتي يمكن عرضها بالتفصيل وتوضيح جوانب الاستفادة المثلى منها كالآتي:

١) عرض المعلومات Data display:

تتركز احدى الفوائد الهامة لنظم المعاومات الجغرافية الخطية في سهولة عرض الظاهرات الجغرافية بواسطة النقطة والخط باعتبارهما عناصر التمثيل الأساسية كماسبق ذكره، هذا بالاعتماد على التدرج اللوني والتظليل المساحي بالخطوط وأيضا الرموز يتم عرض البيانات التفصيلية على الخريطة الأساسية التي تحتوي على بيانات مكانية خطية تميز هذا النوع من نظم المعلومات الجغرافية، ويرتبط بهذا النوع من عرض البيانات بعملية اظهار البيانات الموجودة على الطبيعة بصورة مبسطة Generalized .

ومن أهم امكانيات عرض البيانات في نظم المعلومات الخطية هو امكانية عرض بيانات على هيئة طبقات معلوماتية Layers تحتوي على معلومات متجانسة أو من نوع معين مثل احدى أنواع استخدامات الأراضي أو مناطق توزيع زراعة محصول ما ، فانه يمكن الفصل بين الطبقات المختلفة أو دمجها معا بما ينطبق مع أهداف التطبيق، وبالطبع تعتمد عملية توفير الطبقات المعلوماتية على الطريقة التي صممت فيها قاعدة المعلومات من قبل في مرحلة ادخال البيانات.

٢) الاستفادة من لغة الاستفسار Standard Query Language (SQL):

تعتمد معظم نظم المعلومات الجغرافية على تحقيق امكانيات اجراء استفسارات على البيانات، ويدخل هذا النوع ضمن أحد مميزات نظم المعلومات الجغرافية، حيث يمكن اجراء الاستفسارات الآتية:

-- **اختيار عنصر معلوماتي معين:** تحتوي نظم المعلومات الجغرافية على قواعد معلوماتية ضخمة، لذلك فانه من الضروري توفر امكانية البحث والاستفسار فيها عن عنصر معلوماتي معين، كما يمكن أن يخضع الاختيار الى شرط أو أكثر لتحديد محاور دقة الاختيار، فمثلا:
نريد التعرف على المساحات المغطاه بالوحدات السكنية في اقليم جغرافي ما، فيكون الأمر كالآتي:

ويفسر الأمر بأنه يطلب من النظـام اختيار استخدامات الأراضي المخزنة بملف معلومات باسم استخدامات الأراضي وذلك بشرط اظهار فئة التوزيع الخاصة بالمساحات التي تغطيها الوحدات السكنية.

وهناك نظم عديدة تحتوي مثل هذا الأمر داخل نطاق قائمة أوامر Menu والتي يسهل بواسطتها اجراء ذلك بسهولة.

-- امكانيات اجراء عمليات خاصة لتوضيح العلاقات Relational operation بين المعلومات، وذلك باستبدال علامة = في المثال السابق باحدى العلامات : <= , >= , < , > .

-- امكانيات اجراء عمليات رياضية Mathematic operations على البيانات العددية وذلك باستبدال احدى العلامات: = ، – ، + ، * ، % للحصول على نتائج متميزة

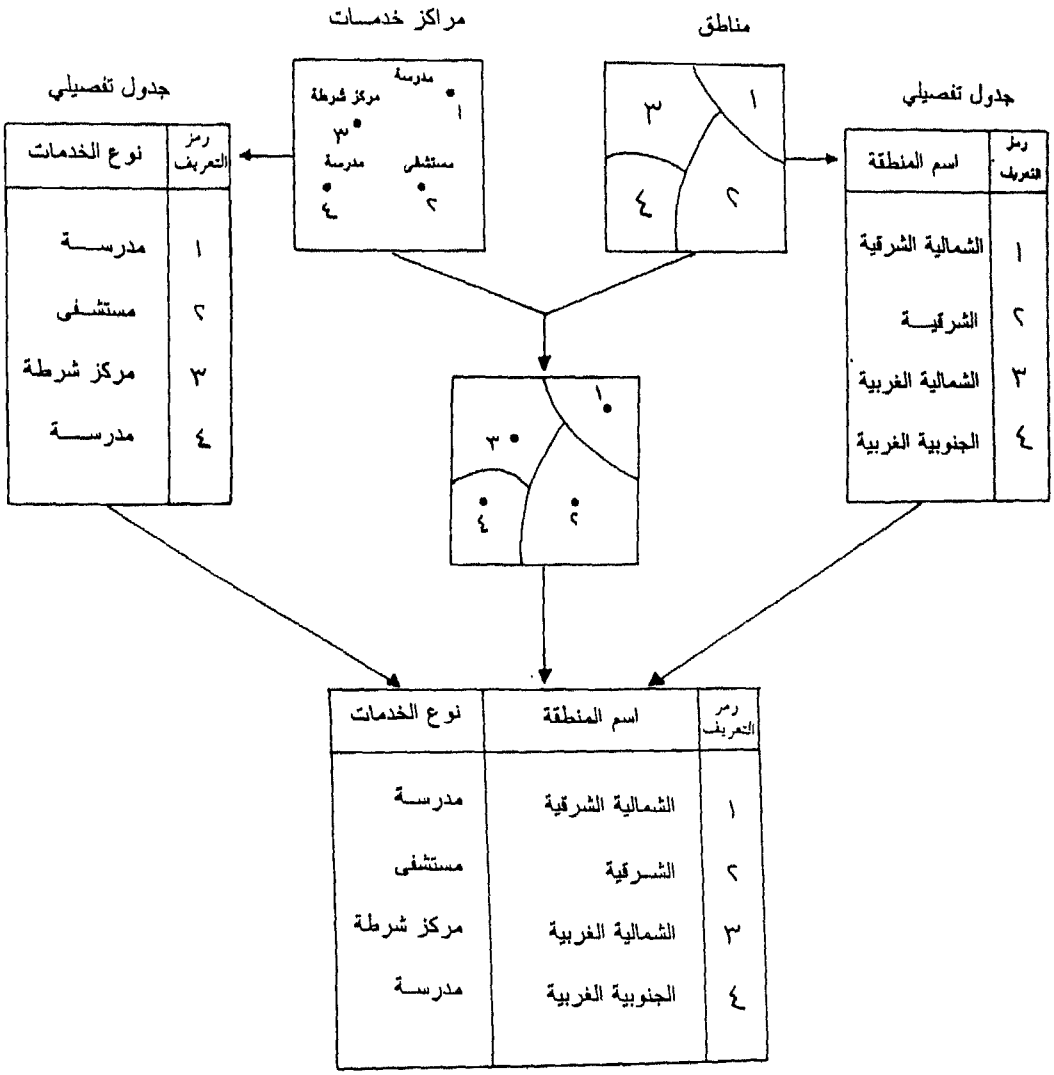
-- اجراء العمليات البوولبانية على البيانات باستخدام and, or, not ، وذلك في حالة وجود خريطتين متطابقتين، فان المساحات المنطقية تحقق شرط AND .

٣) اعادة تصنيف البيانات :

يمكن في هذا النوع من النظم اجراء اعادة تصنيف لمجموعات البيانات أو فئات البيانات بما ينطبق مع التطبيق، فمثلا لدينا خريطة تظهر توزيع الكثافات السكانية لمجموعات وليكن عددها خمس فئات والتي لاتظهر دقة التوزيع في مناطق مكتظة بالسكان وتجعلها ضمن قليلة أو متوسطة الكثافة، لذلك يجب في هذه الحالة زيادة عدد فئات التوزيع من خمسة الى سبعة أو أكثر حتى يمكن اظهار التوزيع الحقيقي في المناطق الصغرى.

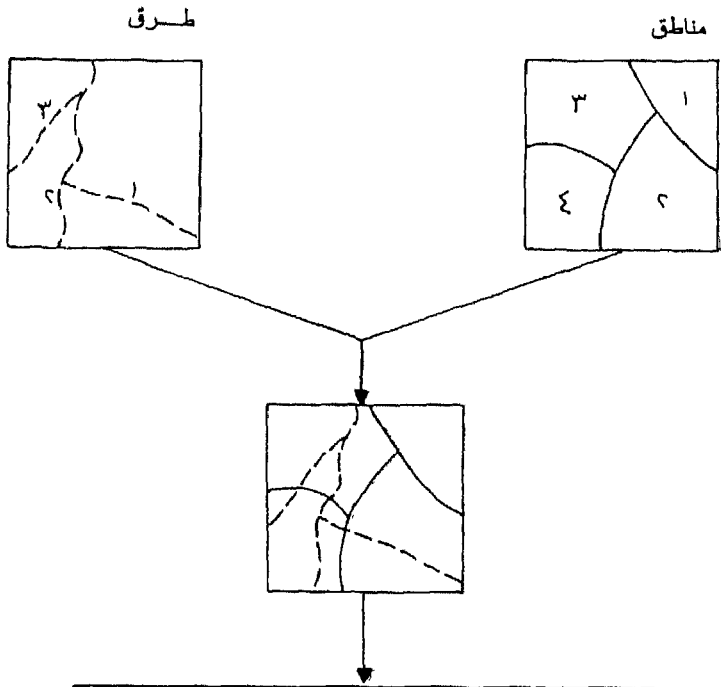
٤) اجراء عمليات المطابقة الطبولوجية Topological overlay:

تهتم نظم المعلومات الجغرافية الخطية بمطابقة البيانات طبولوجيا والتي تتنوع في حالات مطابقة ملف يحتوي على بيانات نقطية على ملف آخر لنفس الاقليم ويحتوي على بيانات مساحية حيث يطلق المفهوم " مطابقة نقطة في مساحة Point in polygon ، فمثلا لدينا ملف يحتوي على الأقاليم الزراعية المختلفة على هيئة مساحات Polygons يحتوي على مواقع الأبار بالاقليم على هيئة نقط، يتم مطابقتها بالاعتماد على الاحداثيات الجغرافية المختلفة (أنظر الرسم). كما أن جدول البيانات التفصيلية للملفين يتم أيضا ودمجهما لينتج هناك جدول مجمع.



شكل (٦): عملية مطابقة البيانات الطبولوجية من طبقتين معلوميتين مختلفتين (عناصر نقطية مع مساحة)

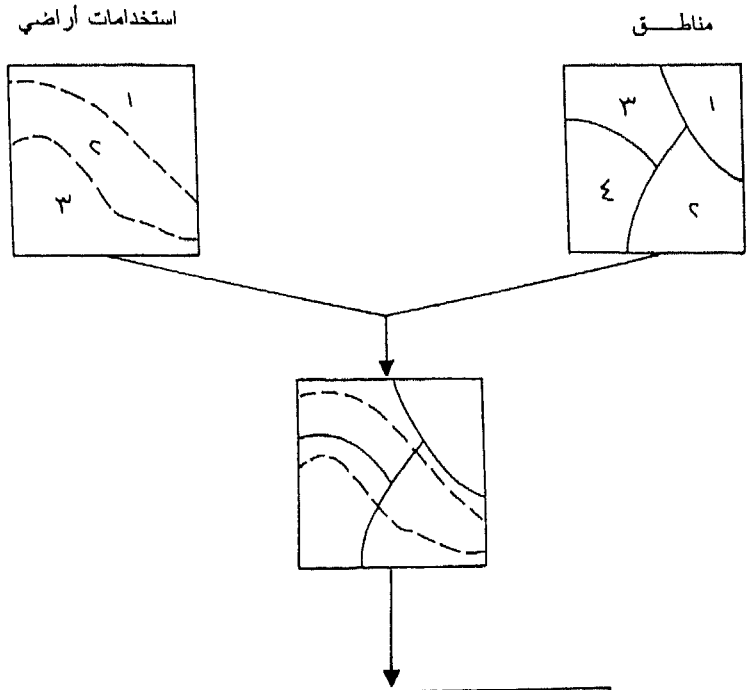
ومن حالات التطابق الطبولوجي للبيانات هو مطابقة ملف يحتوي على الأقاليم الجغرافية كمساحات Polygons ، حيث يطلق على هذه العملية مطابقة خط في مساحة Line in polygon (أنظر الرسم أدناه) كما يتم أيضا مطابقة الجداول التفصيلية للبيانات لكل من الملفين لينتج ملف متكامل.



رمز التعريف	المنطقة	اسم الطريق
١	الشمالية الشرقية	الرئيسي
٢	الشـــرقيـــة	الشرقي
٣	الشرقيـــة	الرئيسي
٤	الشمالية الغربية	الغربي
٥	الشمالية الغربية	الرئيسي
٦	الجنوبية الشرقية	الغربي
٧	الجنوبية الشرقية	الرئيسي

شكل (٧): عملية تطابق العناصر الطبولوجية الخطية مع المساحية من طبقتين معلوميتين مختلفتين

وتوجد أيضا في التطابق الطبولوجي للبيانات عملية تطابق ملفين من البيانات يحتويان على بيانات مساحية، حيث أحدهما يحتوي على مناطق توزيع التربات المختلفة والآخر يحتوي على الأقاليم الجغرافية، وذلك لاظهار مساحات انتشار الأنماط المختلفة للتربة داخل الأقاليم المختلفة ويطلق على هذا النوع من التطبيق اسم مطابقة مساحة في مساحة Polygon in polygon (كما بالشكل).



رمز التعريف	المنطقة	نوع الاستخدام
١	الشمالية الشرقية	زراعات
٢	الشـــرقية	غابـــات
٣	الشـــرقية	زراعـــات
٤	الشمالية الغربية	زراعـــات
٥	الشمالية الغربية	غابـــات
٦	الجنوبيـة الغربية	غابـــات
٧	الجنوبية الغربية	زراعـــات

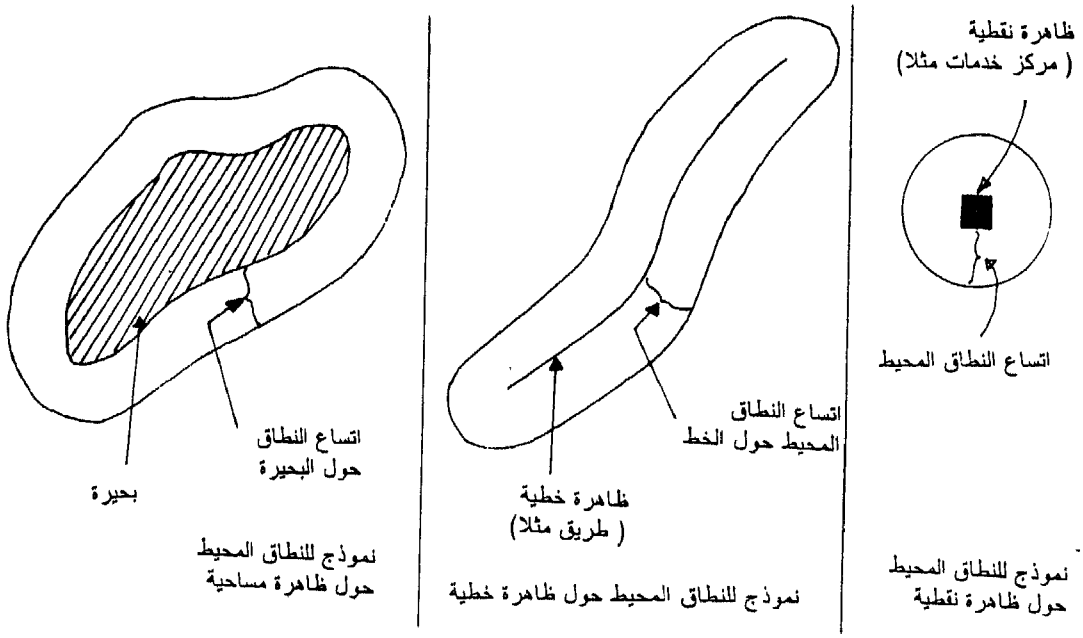
شكل (٨): عملية تطابق العناصر الطبولوجية المساحية من طبقتين معلوميتين مختلفتين

٥) امكانية اظهار النطاق المحيط للظاهرات الجغرافية Buffering zones:

تعتبر هذه العملية من أهم فوائد تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، وخاصة في مجال الموضوعات الاقتصادية والتخطيطية لما لها من أهمية خاصة في تحديد النطاقات المحيطة بالظاهرات النقطية، والذي يبدو على شكل دائرة حول النقطة، وذلك بعد تحديد عرض النطاق والذي يمثل في هذه الحالة نق للدائرة التي تشكل النطاق المحيط ويستفاد من ذلك تطبيقيا في تحديد النطاق المحيط بمدرسة ما ، للتعرف على المناطق السكنية المختلفة التي تخدمها المدرسة أو حول مستشفى أو حول مراكز الخدمات الأخرى، والتي تمثل على الخرائط في نقطة، وتفيد كل هذه الحالات في اعادة التخطيط للمناطق العمرانية من اضافة نقاط خدمات أخرى.

وتعتبر عملية تحديد النطاق المحيط حول الظاهرات الخطية الخطية كالطرق مثلا من أهم العمليات التحليلية في نظم المعلومات الجغرافية، وخاصة في مجال تخطيط في مجال تخطيط الطرق والمرور لاظهار المناطق السكنية التي تتأثر مباشرة من ضوضاء الطرق وأيضا النطاق المحيط حول مجرى نهري ومايترتب عليه من تسرب لمياه النهر لتوضيح المناطق الزراعية التي يمكن أن تتأثر من ذلك.

وتبقى أيضا امكانية تحديد النطاق المحيط بالمساحات كبحيرة مثلا كظاهرة مساحية وما يحيط بها من نطاقات مساحية تخضع الى نفوذ البحيرة السياحي.



شكل (٩): نماذج للنطاق المحيط حول الظاهرات المكانية

الفصل الثالث
نظم المعلومات الجغرافية المساحية

تتركز أهمية هذا النوع من نظم المعلومات الجغرافية في معالجة البيانات التي تتكون من وحدات مساحية صغيرة يطلق عليها Raster أو Pixel مربعة الشكل والتي غالبا مايصل طول ضلع المربع الواحد الى ١,٠ مم، أي لايمكن رؤيتها بالعين المجردة والتي غالبا مايتم ادخالها الى الحاسب الآلي بواسطة أجهزة المساح Scanner وتتمثل هذه المعلومات في الصورة الجوية Photographs أو المرئيات الفضائية Images لذلك يطلق علي النظم التي تعالج هذا النمط من المعلومات اسم نظم معالجة المرئيات الفضائية أو الصور Image data processing systems ، وهذه النظم تعتبر أقدم عمرا من نظم المعلومات الجغرافية ، والتي زادت أهميتها منذ نجاح معالجة الصور الجوية بالحاسب الآلي.

وعلينا الآن أن نتسائل: هل يمكن الاعتماد على الطرق التقليدية في اعداد ملف للبيانات المساحية Raster data؟ وكيف يمكن ذلك؟.

بالطبع تعتبر فكرة التصنيف المساحي للبيانات على الصور الجوية من الطرق اليدوية التقليدية التي مازالت تتبع حتى اليوم في مجال تفسير وقراءة الصور الجوية والخرائط، وتستخدم أيضا في مجال ادخال مثل تلك البيانات الى الحاسب الآلي بدون الاعتماد على أجهزة الترقيم والمسح الآلية المتطورة .

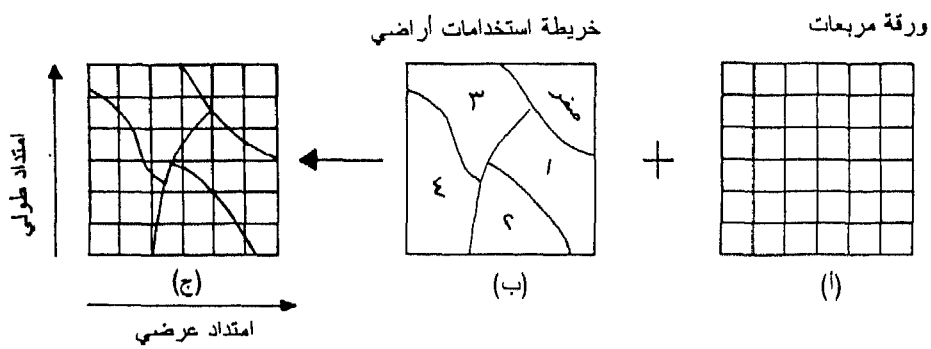
<u>ويمكن توضيح الخطوات العملية التي تتبع في اعداد ملفات لبيانات مساحية كالآتي:</u>

أ) نفترض وجود خريطة استخدامات الأراضي بمدينة ما، والمطلوب اعداد ملف معلومات بطريقة ال Raster GIS يدويا وادخال الملف الى الحاسب الآلي. ولانجاز هذا العمل نحتاج الى وجود ورقة شفافة مقسمة الى مربعات صغيرة كما بالشكل (أ) وأيضا الخريطة التي بالشكل (ب) .

ب) نثبت الخريطة على لوحة رسم، ونضع ورق الشفاف على الخريطة، ونعطي للمربعات التي تغطي استخدام متشابه أرقام تسلسلية كرموز للتمييز بين الاستخدامات المختلفة، وذلك حسب التصنيف التالي:

الرقم	نـــوع الاســـتخدام
صفر	مناطق خاليـــــــة
١	وحـــدات سـكنيـــة
٢	مناطق ترفيهيـــــة
٣	حدائـــق ومنتزهـــات
٤	مناطق بها مؤسسات تعليمية

وعليه يكون الشكل النهائي كما هو موضح في (ج).



شكل (١٠): فكرة تركيب ملف للمعلومات المساحية Raster Data File

والآن كيف يمكن ادخالها الى الحاسب الآلي؟ ، انه من المهم في هذا المجال دراسة البيانات التي يحتويها شكل (ج) السابق، حيث تعتبر أرقام عادية ترمز لنوع استخدام الأرض السائد، وعند محاولة ادخالها الى الحاسب الآلي يمكن أن تتبع طريقة تقليدية وذلك بتكوين ملف من نوع ASCII

File بواسطة احدى برامج معالجة النصوص Word processing ، حيث يتم ادخال البيانات على أساس الامتداد الطولي للترميز run length encoding مع ملاحظة ادخال البيانات على هيئة زوج من الأرقام، أولهما يعبر عن عدد الخانات الممتدة طوليا، والأخر يعبر عن القيمة المقابلة للخانات المتشابهة، وعليه يكون شكل الملف كالآتي:

حتى نهاية الملف ١٥ ٣١ ٤٢ ١٤ ٣٣ ٤١ ١٣ ٣٥ ٠٤ ٣٤ ٠٥ ٣٣

وتفسر هذه الأرقام بأن الترميز يبدأ من الركن الشمالي الغربي لشبكة المربعات، والرقم الأول والأفقي العلوي هو ٣، ويكرر في الصف الأفقي ٣ مرات والرقم صفر يتوالى ٥ مرات ... وهكذا حيث المربع المقابل بالاستخدام وعدد مرات تكراره.

وهناك طريقة أخرى للادخال وهى ادخال الأرقام متتابعة أفقيا مع ترك مسافة خالية بين كل رقم والآخر، وعليه يمكن أن يكون الشكل كالتالي:

حتى نهاية الملف ١ ١ ١ ٣ ٣ ٣ ٣ ٣ ٠ ٠ ٠ ٠ ٣ ٣ ٣ ٣ ٠ ٠ ٠ ٠ ٣ ٣ ٣ ٣

ويمكن استبدال الأرقام بحروف هجائية ليدل كل حرف على استخدام ما، وفي حالة الخرائط الخاصة بالارتفاعات التضاريسية أو ذات القيم التي تحتوي على كسور عشرية يمكن الاعتماد على الأرقام مع الاعتماد على النقطة بدلا من العلامة العشرية بين الرقم الصحيح والكسر.
بعد ذلك يتم قراءة الملف باحدى نظم معالجة البيانات المساحية Raster data processing systems، الا أن مثل هذه النظم التي تتعامل مع هذه الملفات محدودة، فمن النادر الاعتماد على هذه الطريقة التقليدية اليوم، وخاصة بعد تقدم الوسائل التكنولوجية الحديثة في مجال معالجة المرئيات الفضائية.

وعلينا الآن التعرض الى امكانيات نظم المعلومات الجغرافية المساحية Raster GIS Capabilities والتي تتركز في مجالات أربع وهى:

-- مجال ادخال المعلومات Input of data

-- مجال ادارة قواعد البيانات Database management

-- مجال اجراء عمليات تحليلية خاصة على البيانات Operations on data layers

-- مجال اخراج البيانات والنتائج Output of data and results

ويجدر بالذكر التعرض لكل نوع بالتفصيل :

أ) مجال ادخال المعلومات:

بعد تطور المسح الجوي والفضائي لسطح الأرض، أصبح من الضروري توفر نظم يمكن بواسطتها التعامل مع الصور الجوية والمرئيات الفضائية، وعليه كان الأمر ملحا الى دعم أساليب ادخال تلك البيانات الى الحاسب الألي كخطوة أولى في سبيل تحليلها والاستفادة منها بما يخدم البشرية، فكما سبق أن ذكرنا أن هناك طرق تقليدية تتيح لنا ادخال البيانات المساحية الى الحاسب الآلي، الا أنها بطيئة وغير دقيقة، حيث يدخل فيها عنصر التفاوت في حجم خبرة الأفراد، مما يؤثر في مدى صحة البيانات.

وتوجد هناك طرق أخرى لادخال البيانات الى نظم المعلومات الجغرافية المساحية ومن أهمها القراءة المباشرة للبيانات الرقمية Digital data والتي غالبا مانحصل عليها من التصوير الجوي المتقدم ومن الاستشعار الفضائي Remote Sensing ، هذا الى جانب وجود أجهزة المسح Scanners والتي بواسطتها يمكن ادخال البيانات المساحية Raster data الى الحاسب الآلي، فوق كل ذلك توجد أجهزة أخرى لتحليل الصور الجوية ادخال بياناتها الى الحاسوب وهى أجهزة الاستريوبلوتر Stereoplotter .

وتمتاز عملية ادخال المعلومات في نظم المعلومات الجغرافية المساحية بسرعتها وذلك بالمقارنة مع مثيلتها في النظم الخطية سابقة الذكر، الا أن الأولى أي المساحية تحتاج الى سعة تخزين كبيرة قد تفوق الخطية بمئات المرات.

ب) مجال ادارة قواعد البيانات:

يقصد هنا أساليب التعامل مع قواعد المعلومات التي تتعامل مع نظم المعلومات المساحية والتي سوف نتعرض اليها فيما بعد، ومن أهم هذه الأساليب :

-- أساليب التعامل من تصنيف وترتيب الملفات المعلوماتية لكي يسهل قراءتها ونسخها أو تغيير اسمائها عند الحاجة أو دمجها مع ملفات أخرى .

-- أساليب التعامل مع بيانات من خارج قواعد البيانات External data وطرق اضافتها اليها.

-- أساليب ترتيب الطبقات المعلوماتية Layers والتي تصل في هذا النوع من النظم الى حد أقصى ١٠٠ طبقة.

-- أساليب وصف الطبقة المعلوماتية Description of raster data والتي تتعلق بالمفاهيم :

* **درجة الوضوح Resolution** ، فكما ذكرنا أن البيانات المساحية Raster data تتشكل على هيئة وحدات مساحية صغيرة تسمى Cell أو Pixel مربعة الشكل، فكلما صغرت أبعاد الوحدات المساحية ترتب عليه زيادة عددها داخل صورة أو مرئية واحدة، حيث يطلق على ذلك دقة عالية أو درجة وضوح مرتفعة High resolution .

* **التوجيه Orientation**، هو تحديد الزاوية التي تقع بين اتجاه الشمال الحقيقي وبين الاتجاه الذي يحدد بواسطة أعمدة الوحدات المساحية، والتي تفيد في ترتيب البيانات المساحية.

* **المناطق Zones**، ويقصد بها النطاق المساحي الذي يحتوي على عدد من الوحدات المساحية داخل الطبقة المعلوماتية الواحدة، والتي تحتل مواقع مختلفة وتحتل نفس القيم ومن أمثلتها قطع الأراضي للملكيات Ownership parcels ، والأقاليم أو الوحدات الادارية والسياسية، أو البحيرات والجزر، أو المناطق المتشابهة في نوع التربة أو نوع الغطاء النباتي.

ج) مجال اجراء عمليات تحليلية خاصة على البيانات:

تتميز نظم المعلومات الجغرافية برخاء العمليات التحليلية الخاصة على البيانات، والتي يمكن التعرض لها في هذا المنوال بصورة مختصرة مع الأمثلة لكل حالة في الآتي:

-- الحصول على طبقة معلوماتية جديدة New layer من دمج طبقتين أو أكثر معا، وهذا النمط يستفاد منه في مجال دمج المعلومات متعددة الطبقات والمستويات في طبقة واحدة للحصول على خريطة شاملة تتوضح فيها عناصر المقارنة بين الظاهرات المختلفة، ويسود هذا النوع من التطبيقات في مجال الخرائط الاقتصادية المركبة Complex economic maps ، وأيضا في مجال الدراسات البيئية، حيث يلزم الاعتماد على محاور بيئية متعددة للخروج بالتقييم البيني المناسب، مما يلزم دمج بيانات طبيعية وبشرية وشبه طبيعية على خريطة واحدة.

-- اعادة ترميز أو تصنيف Recoding: هناك حالات عديدة يمكن أن تحتاج الى اعادة ترميز وأهمها مايلي:

* في حالة تصنيف الوحدات المساحية الى مجموعات أو فئات كمية يعطى لكل فئة رقم يعبر عنها، فمثلا اذا كان لدينا في صورة أو مرئية ما عدد من الوحدات المساحية Pixels تتباين في قيمتها مابين صفر وأكثر من ١٠٠٠، فانه يمكن تقسيمها الى فئات ولتكن ثلاث فقط ، وعليه تكون الفئة الأولى مابين صفر و ٤٩٩ ويعطى لها رقم ١، والفئة الثانية مابين ٥٠٠ و ٩٩٩ ويعطى لها رقم ٢، والثالثة أكثر من ١٠٠٠ ويعطى لها رقم ٣. ويستفاد من هذه الطريقة في مجال تحليل المرئيات الفضائية، وخرائط الارتفاعات التضاريسية.

* في حالة وجود تباين في قيم الوحدات المساحية فانة يمكن ترتيب قيمها تصاعديا باعطاء أرقام مرتبة فمثلا اذا كانت هناك قيم ولتكن صفر، ١، ٤، ٦ فانه يمكن ترتيبها كالآتي ١، ٢، ٣، ٤.

* في حالة وجود ضرورة التركيز على قيمة معينة للوحدات المساحية بغرض ابرازها عن مايجاورها من وحدات أخرى، فانه يمكن الاعتماد على معادلة رياضية خاصة تتوفر في نظم معالجة المرئيات الفضائية والصور Image data processing systems وهي:

القيمة الجديدة = مربع (ضعف القيمة القديمة +٣)

-- مطابقة الطبقات المعلوماتية Overlaying layers:

تمتاز النظم الآلية لمعالجة البيانات بسهولة دمج أو مطابقة أكثر من طبقة معلوماتية معا ، وخاصة في حالة ماتطلب ذلك، ولم يكن المقصود هنا من عملية المطابقة هو الحصول على الشكل الاجمالي للبيانات فقط، ولكن الحصول على المتوسطات لبيانات الطبقات كلها معا أو الحصول على أعلى قيمة أو أصغر قيمة أو اجراء عمليات رياضية أو منطقية خاصة على البيانات للحصول على نتيجة محددة .

-- المسافات Distances:

تتيح نظم المعلومات الجغرافية المساحية امكانية اجراء عمليات حسابية عديدة على البيانات ومنها حساب المسافات بين الوحدات المساحية الصغيرة Cells أو بين وحدة محددة وأقرب وحدات بالنسبة لها، ويمكن أيضا الحصول على طبقة معلوماتية جديدة تحتوي على قيم جديدة تمثل المسافات بالنسبة لموقع معين.

وهذا النمط من الامكانيات يستفاد منه في عدة مجالات أهمها مراقبة المتغيرات البيئية وخاصة تقدير المسافات بين مراكز انتشار التلوث ومواقع الظاهرات الأخرى، ويستفاد منها أيضا في الدراسات الجيولوجية.

-- النطاق المحيط Buffer zone:

يقصد بالنطاق المحيط هنا هو المنطقة التي تحيط بظاهرة ما على أساس مسافة معينة تحدد اتساع النطاق من موقع الظاهرة، وتتعدد مجالات الاستفادة من امكانية تحديد النطاق المحيط بالظاهرات

الطبيعية والبشرية وخاصة في تحديد نطاق الضوضاء حول الطرق السريعة، ونطاق التلوث البيئي حول المصانع، ونطاق الأمان حول المنشآت الخطرة مثل المفاعلات الذرية، ونطاق التسرب المائي حول المجاري المائية، الخ.

-- تحديد مجال الرؤية Visible or Viewsheds:

تنفرد نظم معالجة المرئيات الفضائية والصور بامكانية تحديد مجال الرؤية بالنسبة الى نقطة محددة على المرئية أو الصورة، والتي يستفاد منها في تخطيط المواقع لتحديد المناطق محجوزة الرؤية والمناطق التي تتراكم عندها الأبخرة والغازات، أو تحديد مجال الرؤية بالنسبة الى مراكز المراقبة مثل أبراج المطافىء ومراكز التحويل Transmission facilities .

-- امكانيات حساب مساحة ومحيط مناطق Areas & Peremiters of zones :

تتيح نظم المعلومات الجغرافية المساحية امكانية اجراء حسابات خاصة على البيانات مثل ايجاد مساحة منطقة ما، أو حساب محيط أو الخط الذي يحيط بمنطقة ما، ويستفاد من ذلك في مجال قياس مساحات المحاصيل الزراعية للمساعدة في تقدير حجم الانتاج للمساعدة في اتخاذ القرار في مجال الأمن الغذائي، وأيضا في مجال دراسة الغابات ومتابعة المتغيرات البيئية التي يمكن أن تطرأ عليها.

-- امكانيات تحديد شكل منطقة ما Shape of zone:

تعتبر هذه الامكانية من العمليات التحليلية الخاصة والتي تجرى على البيانات المساحية Raster data حيث يمكن تحديد أشكال المناطق من خلال تحليل البيانات المساحية كالمرئيات أو الصور الجوية، وتعتمد عملية حساب شكل المنطقة رياضيا بنسبة طول محيط المنطقة بالنسبة الى مربع مساحتها مقسومة على قيمة ٣,٥٤، وعليه اذا كانت النتيجة تساوي قيمة واحد صحيح فانها تدل على الشكل الدائري، أما اذا كانت ١,١٣ فانها تدل على الشكل المربع، أما اذاكانت أكبر من ١,١٣ فان الشكل مستطيل.

وتفيد عمليات تحديد شكل المناطق في مجال الدراسات البيئية ودراسة تحرك الحيوانات وهجرات الطيور، وأيضا في مجال تحديد أشكال التجمعات العمرانية وسط المحيط البيني لتحديد مؤثرات كل منهما على الآخر.

د) مجال اخراج البيانات والنتائج Output of data & results:

تهتم نظم المعلومات الجغرافية المساحية Raster GIS بكيفية اخراج نتائج العمليات التحليلية للبيانات، وخاصة بما يتفق مع هدف الموضوع التطبيقي، وتوجد هناك عدة طرق للعرض هى:

-- العرض المبسط للبيانات Data display والذي يتم بواسطة الاعتماد على التدريج اللوني لقيم الوحدات المساحية ، وخاصة في الموضوعات التي تتعلق بدراسة التدريج التضاريسي لسطح الأرض، حيث تستخدم عادة قاعدة التريج اللوني الآتية:

أزرق - أخضر - أصفر - بني - أبيض

كما توجد أيضا حالات عرض البيانات التي تعتمد على الرسم المجسم 3D ، وطرق رسم خطوط الكنتور، وطرق التهشير أو التظليل المتدرج.

-- ترشيح أو تنقيح البيانات Filtering: تهتم بادخال أساليب التركيز على جزء معين من البيانات بغرض زيادة التوضيح سواء بواسطة التكبير أو بواسطة اضافة معامل لقيمة الوحدات الأصلية بهدف التركيز عليها لابرازها.

-- وصف محتويات الطبقة المعلوماتية Describing contents of layers: تهتم عمليات اظهار نتائج العمليات التحليلية للبيانات بعرض النتائج الاحصائية لطبقات المعلومات مثل المتوسطات والمعدلات وقيم الانتشار، وأيضا اظهار مقارنة احصائية بين خريطتين احصائيا، هذا الى جانب اجراء عمليات احصائية على البيانات لتوضيح أكبر وأصغر المناطق على الطبقة المعلوماتية الواحدة.

الباب الثالث

أنواع قواعد المعلومات الجغرافية

الفصل الأول: أسس تصميم قواعد المعلومات الجغرافية

الفصل الثاني: قواعد المعلومات الجغرافية الخطية

الفصل الثالث: قواعد المعلومات الجغرافية المساحية

الباب الثالث

أنواع قواعد المعلومات الجغرافية

الفصل الأول

أسس تصميم قواعد المعلومات الجغرافية

ربما يراود البعض التساؤل عن ماذا كانت هناك فعلا أنماطا متعددة من قواعد المعلومات الجغرافية، وحينما تكون هناك الرؤية واضحة عن وجود هذا التنوع فعلا، فانه من المحتمل أن يتساءل البعض عن الملامح التي تميز كل نوع عن الآخر، فقبل كل شيىء يجب أن ننوه الى أن قواعد المعلومات بشكل عام هى عبارة عن مجمع للمعلومات data collection يضم بيانات متنوعة عن ظاهرات أو موضوعات مختلفة وأيضا عن العلاقة فيما بينها ١).

وتختلف طبيعة قاعدة المعلومات باختلاف نوعية الوسيلة media التي تجمع عليها المعلومات، فالكتاب العادي مثلا يمكن أن يعتبر من حيث المبدأ قاعدة معلومات لأنه يحتوي على مجمع معلوماتي عن موضوع الكتاب، وعليه فان مفهوم قاعدة المعلومات لايقتصر فقط على تلك التي ترتبط بتكنولوجيا الحاسوب والتي هى موضوع الفصل الحالي. وانما يجب علينا في هذا الصدد تحديد هدفنا بدراسة قواعد المعلومات التي لها علاقة بالحاسوب، فانه يجدر بالذكر اضافة صفة لهذا النمط ليسهل تمييزه دون غيره، وبذلك يمكن أن نقول "قواعد معلومات المعلومات الآلية Computerized data bases" .

وتعود الجهود الأولى لهذا النمط من المعلومات الى أوائل فترة الستينيات حيث صممت أول قواعد معلومات آلية في مجال الأعمال التجارية، والتي كانت تسمى وقتئذ " قواعد معلومات للأعمال Business data bases" والتي كانت تهتم بشؤون ادارة وتنظيم المواد المستخدمة في المشاريع الهندسية. وقد شهدت أيضا السنوات الأولى من الستينيات جانبا تطبيقيا آخر لقواعد المعلومات الآلية وهو مجال حجز تذاكر السفر التابع لشركات الطيران الأمريكية والمسمى باسم Sabre airline reservation system" والذي تم تطويره بمعرفة شركة الحاسوب العالمية المعروفة باسم IBM . كما شهدت فترة نهاية الستينيات وفترة السبعينيات جهودا متعددة في مجال تطوير قواعد المعلومات الآلية ونظم ادارة المعلومات حتى شملت

تطبيقاتها مجالات عديدة ، حيث ظهرت فيما بعد مسميات مختلفة تتفق مع مجال التطبيق ومنها:

-- قاعدة معلومات ادارية Ademenstrative data base

-- قاعدة معلومات هندسية Engineering data base

-- قاعدة معلومات بيئية Environmental data base

-- قاعدة معلومات مالية Financial data base

-- قاعدة معلومات أمنية Security data base

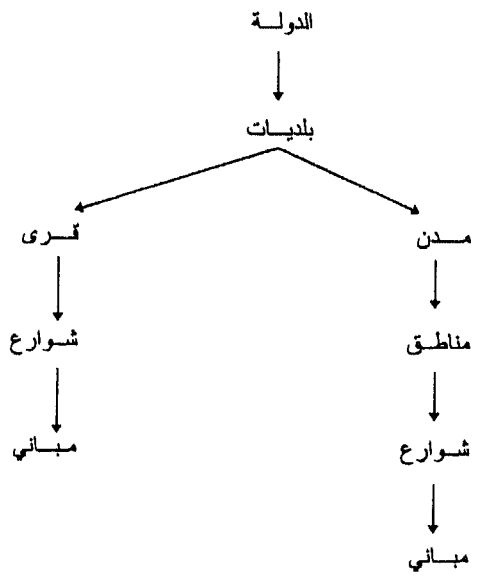
-- قاعدة معلومات سكانية Demographic data base

-- قاعدة معلومات جغرافية Geographic data base

-- ... الخ

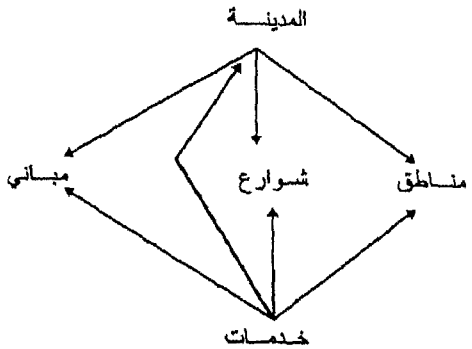
وتتفق معظم قواعد المعلومات في أسلوب تصميمها Structure model في ثلاثة أنماط هى:

-- قواعد معلومات ذات تصميم هرمي Hierarchical Model حيث تتدرج المعلومات حسب درجة أهميتها (أنظر شكل ١١).



شكل (١١): يوضح نموذج تخطيطي للتصميم الهرمي للمعلومات

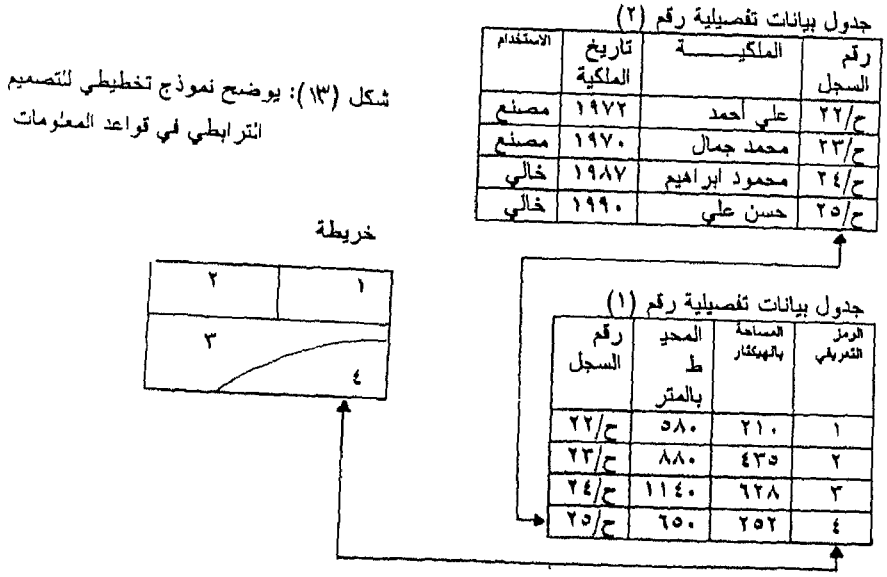
-- قواعد معلومات ذات تصميم شبكي Network Model حيث يتحقق في هذا النوع الى جانب التصميم الهرمي السابق ذكره الترابط الشبكي فيما بين المعلومات لاعطاء نتائج متكاملة (أنظر شكل ١٢).



شكل (١٢): يوضح نموذج تخطيطي للتصميم الشبكي للمعلومات

-- قواعد معلومات ذات تصميم ترابطي Relational Model والتي يتم فيها تصميم ترتيبي للمعلومات على أساس مفتاح Key يمكن الاعتماد عليه في البحث داخل قاعدة المعلومات مما يساعد على اعتماد قاعدة المعلومات على جداول متباينة يشكل منها ملفا خاصا منفصلا مع وجود الرابط فيما بينها بما يسمى المفتاح المذكور أعلاه (أنظر شكل ١٣).

شكل (١٣): يوضح نموذج تخطيطي للتصميم الترابطي في قواعد المعلومات



وعلينا هنا أن نتساءل : ماهو وضع قواعد المعلومات الجغرافية ؟ هل يمكن اعتبارها احدى هذه القواعد من المعلومات سالفة الذكر ؟ أو أن هناك ملامح للاختلاف تميزها عن غيرها ؟ وماهى أنواع قواعد المعلومات الجغرافية التي تعتمد عليها تكنولوجيا نظم المعلومات الجغرافية؟

اذا اعتبرنا قاعدة المعلومات بمثابة مجمع للمعلومات فان قاعدة المعلومات الجغرافية هى أيضا احدى قواعد المعلومات لأنها تحتوى على معلومات عن ظاهرات جغرافية من حيث موقعها على الخريطة وشكلها الى جانب معلومات تفصيلية أخرى تتفق مع هدف تصميم قاعدة المعلومات الجغرافية والهدف الاستخدامي لها، الا أن قاعدة المعلومات الجغرافية تقتصر في الغالب على النمط الترابطي عند تصميم قواعد المعلومات الجغرافية.

وتتسم قاعدة المعلومات الجغرافية باعتمادها على شقين أساسيين ومتكاملين من المعلومات أولهما: المعلومات المكانية Spatial data وثانيهما: المعلومات الوصفية Descriptive data، ويجدر بالذكر التعرض الى محتويات كل شق على حدة:

أ) المعلومات المكانية Spatial data:

يقصد بالمعلومات المكانية هى تلك العناصر النقطية والخطية والمساحية التي تتكون منها الخريطة، ومن أهم العناصر النقطية هى نقط الاحداثيات على الخرائط ومراكز الخدمات العامة ونقاط الارتفاع والانخفاض المطلق وماشابه ذلك من مراكز نقطية على الخريطة والتي ليس لها طول أو مساحة.

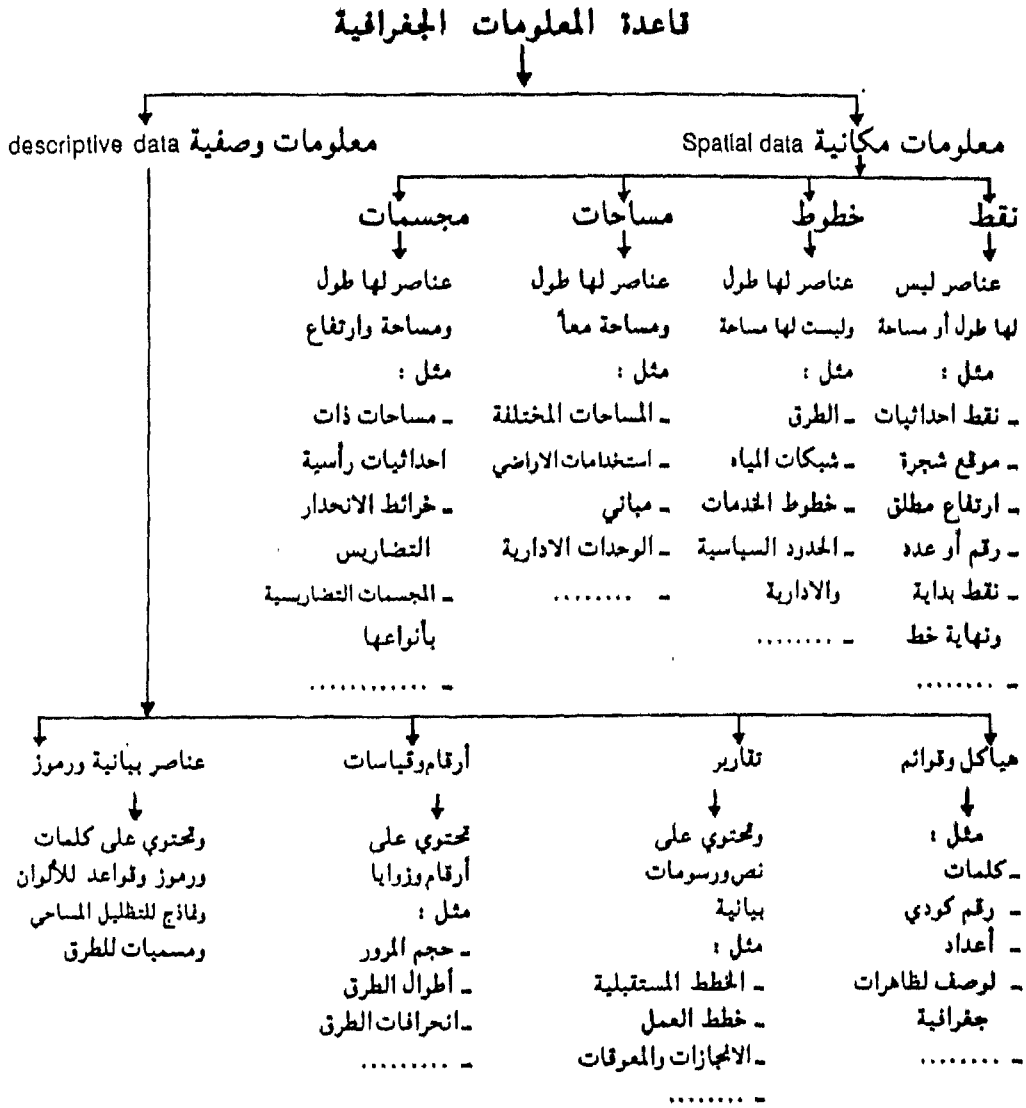
أما العناصر الخطية هى المتمثلة في خطوط شبكات الخدمات وخطوط الحدود السياسية وخطوط شبكات المياه كالأنهار والروافد وجميع أنواع الخطوط الأخرى والتي لها طول وليس لها مساحة، أما العناصر المساحية كالمساحات المختلفة لاستخدامات الأراضي ومساحات المباني والتجمعات السكانية والوحدات الادارية وهى عناصر لها طول والمتمثل في طول الخط المحيط لها وأيضا لها مساحة.

ويدخل في نطاق المعلومات المكانية المجسمات والأشكال المجسمة على الخرائط والتي لها طول وارتفاع ومساحة مثل المساحات التي لها احداثيات رأسية، والمجسمات التضاريسية... الخ.

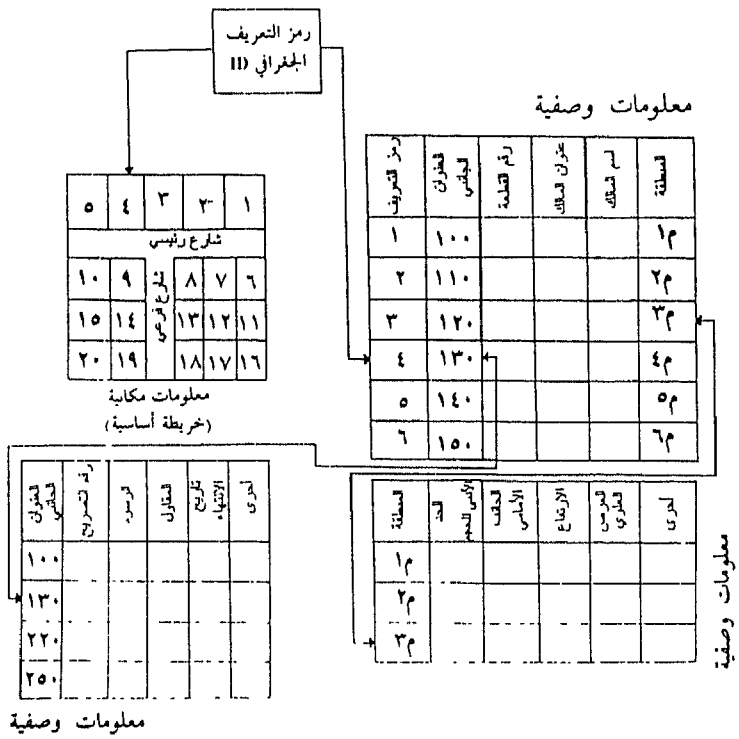
ب) المعلومات الوصفية Descriptive data :

يقصد بالمعلومات الوصفية هى تلك المعلومات الكتابية التي تنسب الى المعلومات المكانية سابقة الذكر وتكون في صورة قوائم وتقارير وجداول ورسومات بيانية ورموز (انظر شكل ١٤)

وتتوقف درجة نجاح استخدام قاعدة المعلومات الجغرافية على درجة النجاح في الربط فيما بين الشقين، ويوضح شكل (١٥) نموذج تخطيطي لامكانية الربط المثلى بينهما.



شكل (١٤) : يوضح المكونات الأساسية لقاعدة المعلومات الجغرافية

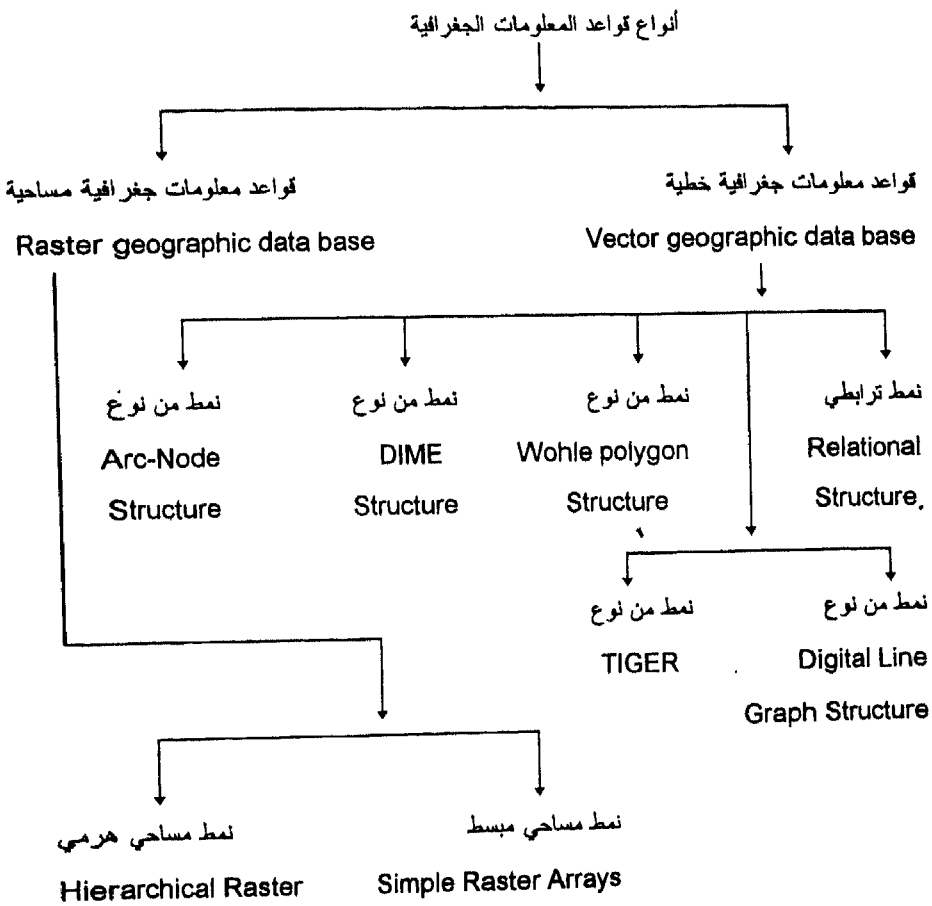


شكل (١٥) يوضح إمكانية تحقيق الترابط الجغرافي للمعلومات في قاعدة المعلومات الجغرافية

(عن: ESRI, ESKA 7 Khatib, 1990)

وعليه فان قواعد المعلومات الجغرافية تنفرد عن غيرها من قواعد المعلومات في ارتباطها الوثيق بالتوقيع المكاني للمعلومات على خرائط ورسومات هندسية وصور جوية ومرئيات فضائية مما يجعلها تحتاج الى نمط خاص من أساليب تصميم قواعد المعلومات وهو الدراية العلمية والفنية بعناصر الخرائط كالنقط والخطوط والمساحات والأهمية الاستخدامية لكل منها والتي تمثل هذا المتطلبات الأولية اللازمة لتصميم هذا النوع من قواعد المعلومات.

ويتضح لنا في هذا المجال أن قواعد المعلومات الجغرافية تعتمد على المعلومات المكانية والتي تتحكم في نوع قاعدة المعلومات ومايترتب عليه من أسلوب تصميمها وطريقة الاستفادة منها لذلك فان قواعد المعلومات الجغرافية تتنوع الى الآتي (شكل ١٦):



شكل (١٦): أنواع قواعد المعلومات الجغرافية حسب أسلوب التصميم وطبيعة المعلومات المكانية

أ) قواعد معلومات جغرافية خطية Vector Geographic data bases:

يخضع لهذا النوع من قواعد المعلومات الأنماط التصميمية الآتية:

-- نمط ترابطي Relational Structure

-- نمط من نوع Wohle Polygon Structure

-- نمط من نوع DIME Structure

-- نمط من نوع ARC-Node Structure

-- نمط من نوع Digital Line Graph Structure

-- نمط من نوع TIGER

ب) قواعد معلومات جغرافية مساحية Raster geographic data bases:

ينتمي لهذا النوع من قواعد المعلومات الجغرافية نمطان هما:

-- نمط مساحي مبسط Simple Raster Arrays

-- نمط هرمي التصميم Hierarchical Raster Structure

ويهتم الفصل الحالي بدراسة أنواع قواعد المعلومات الجغرافية المذكورة أعلاه مع توضيح أنسب المجالات التطبيقية التي يستخدم فيها كل نمط.

الفصل الثاني
قواعد المعلومات الجغرافية الخطية

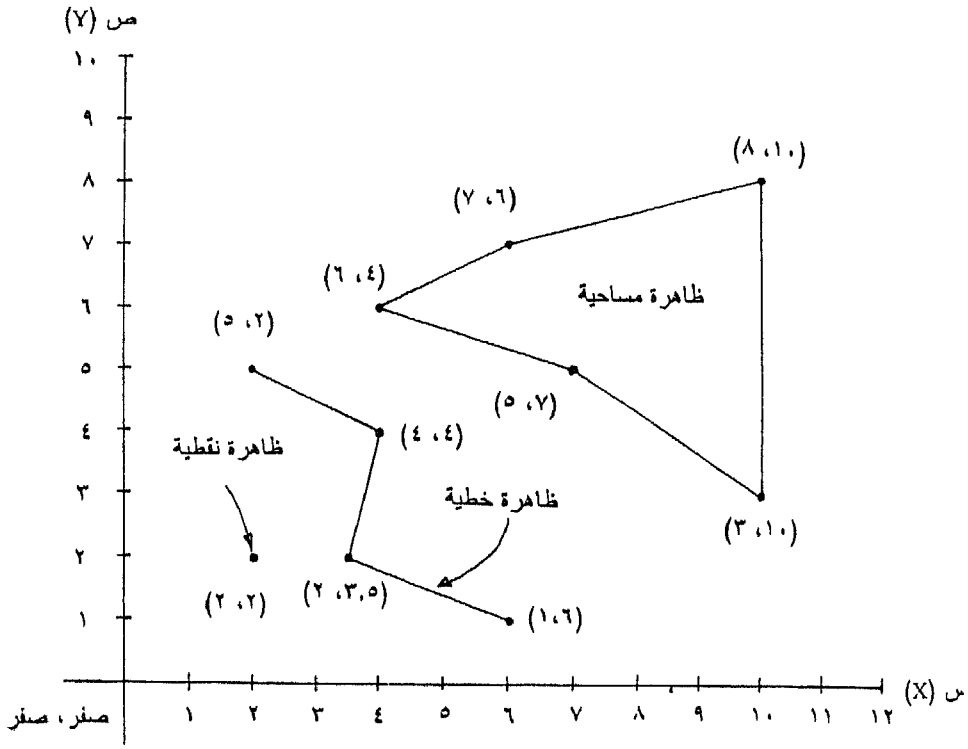
يقصد هنا بمصطلح قواعد معلومات جغرافية خطية هى تلك قواعد المعلومات الجغرافية التي يعتمد فيها أسلوب تصميم واعداد المعلومات المكانية على المبدأ الخطي أو الاتجاهي بعناصره الثلاثة كالنقطة والخط والمساحة.

فمعظم نظم الرسم الآلي Computer Graphics Systems ونظم التصميم بمساعدة الحاسب الآلي Computer Aided Design (CAD) وأيضا نظم المعلومات الجغرافية، تعتمد بشكل أساسي على عناصر الرسم الخطي[1]

وفي مجال نظم المعلومات الجغرافية تشكل عناصر الرسم الخطي كالنقطة والخط والمساحة العناصر الأساسية لتحديد موقع وامتداد وشكل الظاهرات المكانية وخاصة وأنها ترسم على هيئة سلسلة من الاحداثيات السينية والصادية (كما يظهر شكل ١٧).

---

[1] STAR & ESTES, 1990, p. 48



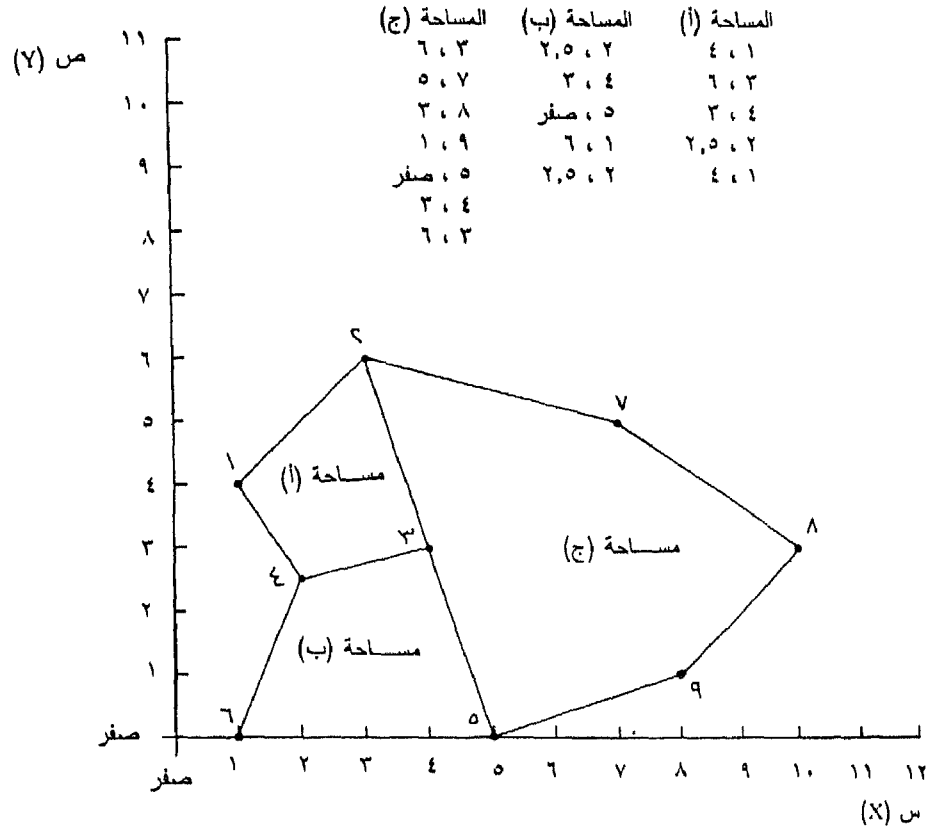
شكل (١٧): يوضح عناصر الرسم الخطي (النقطة والخط والمساحة) في النظام الاحداثي ودورها المكاني.

وعند اعداد قواعد المعلومات الجغرافية الخطية يجب الاعتماد على أسلوب تصنيفي للعناصر المكانية والمسماه سابقا المعلومات المكانية، ويطلق على أسلوب التصنيف في هذا المجال نمط تشكيل قاعدة المعلومات Structure modell of data base والذي يتنوع الى أربعة أنماط يمكن عرضها في الآتي:

-- نمط من نوع Wohle polygon structure :

يعتبر عنصر المساحة أو الوحدة المساحية Polygon هو أساس تصنيف البيانات المكانية في هذا النمط، حيث تمثل الوحدة المساحية ظاهرة جغرافية أو ظاهرة مكانية مستقلة مثل قطعة أرض من نوع ما Land cover ، أما في حالة وجود وحدات مساحية متجاورة فان الخطوط

التي تفصل فيما بينهايتم تسجيلها مرتين، وفي حالة التقاء الوحدات المساحية في نقطة، فان تلك النقطة تتكرر أكثر من مرة في قاعدة المعلومات وذلك بعدد الوحدات المساحية ذاتها (أنظر شكل ١٨).



شكل (١٨): يوضح نمط التصنيف المساحي المسمى باسم

Wohle polygon structure

لاحظ النقطة الاحداثية المكررة في المساحات الثلاث وهى التي تحمل رقم (٣) وكذلك الخطوط المشتركة بين المساحات.

ويعاب على هذا النمط من أنواع قواعد المعلومات الجغرافية صعوبة استعادة وتحديث البيانات بدون حدوث خلل في ترتيب قاعدة المعلومات، الا أن هناك نظم آلية تحتوي على وظائف خاصة تساهم في حل الخطوط المشتركة بين المساحات.

-- نمط من نوع DIME Structure:

يعتبر مصطلح DIME اختصار لما يسمى Dual Independent Map Encoding وقد تم تطويره في الستينيات لغرض مكتب شئون السكان الأمريكي ١).

وقد استخدم هذا النمط من قواعد المعلومات أو الملفات المعلوماتية لغرض ربط المعلومات الطبولوجية عن المساحات العمرانية للاعتماد عليها في اجراء عمليات التحليل الديموغرافي.

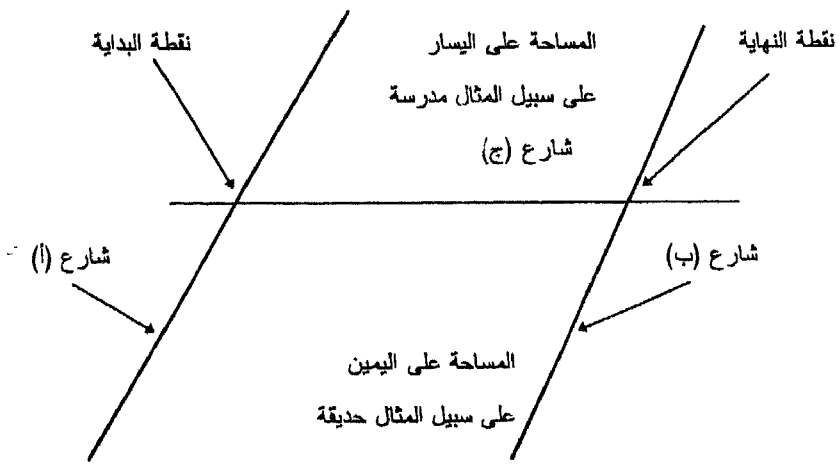
ويعتبر الخط هو العنصر الأساسي لرسم المعلومات الطبولوجية لهذا النمط من قواعد المعلومات، حيث يتم تحديده بواسطة نقتطين أولهما في بداية الخط والأخرى في نهايته، واللتان يطلق عليهما مصطلح عقدة أو Node.

ويخزن الخط في قاعدة المعلومات الجغرافية على أساس عناصر ثلاثة (أنظر شكل ١٩) وهي:

أ) اسم الخط، وليكن اسم الطريق أو الشارع، والذي يمكن التعرف عليه بواسطته.

ب) نقطة أو عقدة Node، والتي تحدد بداية الخط وتعني "من" أو مفهوم "from" أي مصدر الخط أو اسم الخط السابق له، وأخرى عند نهاية الخط وتعني "الى" أو مفهوم "to" أي اتجاه الخط أو اسم الخط التالي له.

ج) مسميات للوحات المساحية المجاورة للخط على يمينه ويساره.



شكل (١٩): يوضح عناصر تخزين الخط في قاعدة المعلومات الجغرافية

ويكون نمط الملف المعلوماتي المرافق كالآتي:

رمز للعنصر الخطي:

اسم الخط	النقط أو العقد		المساحة	
	من	الى	على اليمين	على اليسار
شارع (ج)	شارع (أ)	شارع (ب)	حديقة	مدرسة

شكل (٢٠): يوضح طريقة تصميم قاعدة المعلومات في نمط DIME

هذا ويمكن اضافة بيانات أخرى الى الملف المعلوماتي مثل العنونة المكانية على جانبي الشارع مثل أرقام المنازل أو المباني، أما الأقاليم المساحية فتعتمد في هذا النمط من الملفات المعلوماتية على اعطاء أرقام تعريفية لها مثل رقم كودي للمناطق أو رقم بريدي للمنطقة مثل مايستخدم في الولايات المتحدة الأمريكية والمعروف باسم "ZIP Codes" أو المناطق الانتخابية مثل في مصر وسوريا.

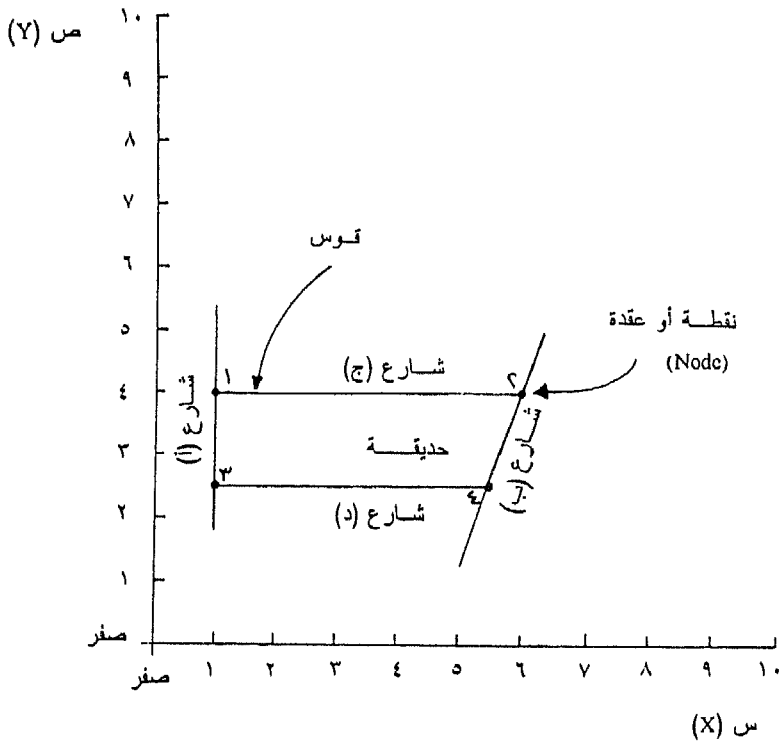
ويعاب على هذا النمط من قواعد المعلومات الجغرافية في صعوبة معالجة العناصر الخطية المعقدة (المركبة) والتي تتصل بها خطوط فرعية عديدة أو تتقاطع معها خطوط أخرى مما يصعب وظيفة البحث على مسار خط ما يحمل نفس الاسم بالرغم من تقاطعه مع خطوط أخرى مثل الطرق السريعة أو الشوارع الرئيسية بالمدن، مما يقلل من سرعة البحث المكاني للمعلومات.

ولكن يمتاز هذا النمط في امكانية ربط العنونة المكانية في ملفات متعددة للوصول الى حجم معلوماتي كبير، ويستخدم عادة هذا النمط من قواعد المعلومات في مجال خرائط الطرق والمواصلات والنقل التجاري وأيضا في مجال خرائط المدن التي تظهر العنونة المكانية الحقيقية للتوزيع السكاني في المدن.

-- نمط من نوع Arc-Node Structure:

تخضع الظاهرات الجغرافية (المكانية) في هذا النمط الى التسلسل الهرمي في قاعدة المعلومات الجغرافية، فالنقطة "point" تمثل العنصر الأساسي لهذا النمط، أما الأقواس Arcs فهى عبارة عن خطوط منفصلة تتكون نتيجة سلسلة من زوج احداثي سيني وصادي، ويعتمد هذا النمط أيضا على وجود النقط أو العقد Nodes والتي تشكل نهايات الأقواس ونقاط التقاء الأقواس الفرعية بأخرى رئيسية.

وتساهم مجموعة من الأقواس في تكوين مساحة polygon فيما بينها لتحيط المساحة، ويجدر بالذكر أن معظم نظم المعلومات الجغرافية التابعة للشركات التجارية Commercial Geographic Information Systems تستخدم هذا النمط من قواعد المعلومات الجغرافية المسماه "التصميم بطريقة قوس – نقطة "Arc-Node Structure والشكل (٢١) يوضح كيفية تصميم هذا النمط.



شكل (٢١): فكرة تصميم نمط قوس – نقطة في قاعدة المعلومات الجغرافية

ويكون نمط الملف المعلوماتي كالآتي:

- لكل نقطة أو عقدة Node.

النقطة	احداثيـــات		طبيعتها
	س	ص	
١	١	٤	اشارة ضوئية
٢	٦	٤	تقاطع
٣	١	٢,٥	دوار
٤	٥,٥	٢,٥	اشارة ضوئية

- لكل قوس Arc

اسم القوس	الامتداد بين النقط		الطول (متر)	حالة الشارع
	من	الى		
شارع (أ)	٣	١	٩٠٠	جيـــدة
شارع (ب)	٢	٤	٩٠٠	متوسطة
شارع (ج)	١	٢	١١٠٠	جيـــدة
شارع (د)	٤	٣	١٠٠٠	متوسطة

- لكل مساحة Polygon

اسم المساحة	ملكيتها	الأقواس المحيطة	طول المحيط (متر)	المساحة (م ٢)
الحديقة	الدولة	شوارع أ،ج،ب،د	٣٩٠٠	٩٤٥٠٠٠

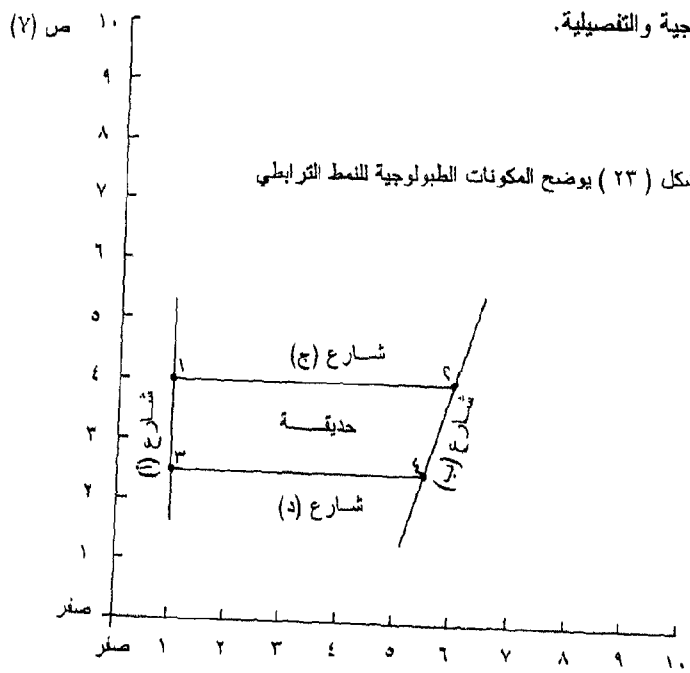
شكل (٢٢): يوضح كيفية تصميم قاعدة المعلومات الجغرافية في نمط Arc-Node System

يعتبر هذا النمط من أفضل أنواع قواعد المعلومات الجغرافية التي تستخدم في مجال المرور لما يمتاز به من سهولة التصنيف الطبوجرافي للبيانات وخاصة نقاط المرور، والاشارات الضوئية ، الدوريات المرورية، التقاطعات باعتبارها نقاط محددة ولها شخصية هندسية مستقلة على النظام الاحداثي بالاضافة الى دورها كرابط طبولوجي مع الخطوط التي تمثل الشوارع.

-- النمط الترابطي Relational Structure:

يعتبر هذا النمط شكلا آخرا من قواعد المعلومات الجغرافية التي تعتمد على أسلوب التصميم "Arc-Node" سابقة الذكر، الا أن الفارق بينهما هو أنه في حالة النمط الترابطي يتم تخزين البيانات الوصفية Attributes_ والخاصة بالمعلومات المكانية أو العناصر الطبولوجية على الخريطة في ملف منفصل، أما في حالة نمط ال Arc-Node يتم تخزين البيانات الوصفية معا في نفس الملف الذي يحتوي على المعلومات الطبولوجية، ولذلك يعتبر النمط الترابطي من أكثر قواعد المعلومات الجغرافية استخداما في النظم التابعة للمؤسسات التجارية.

ويكمن السر في ذلك هو كلما كان الملف المعلوماتي للبيانات التفصيلية مستقلا، كلما كان من الامكان الوصول بحجمه الى أكبر مايمكن من المعلومات، كما أنه يسهل استخدامه في نظم آلية مختلفة لذلك فان أهميته التجارية تزيد عن غيره، ويوضح شكل (٢٣) النمط الترابطي ومكوناته الطبولوجية والتفصيلية.



شكل (٢٣) يوضح المكونات الطبولوجية للنمط الترابطي

ويكون نمط الملف المعلوماتي كالآتي:

-- لكل نقطة أو عقدة Node:

بيانات طبولوجية:

النقطة	الإحداثيات	
	س	ص
١	١	٤
٢	٦	٤
٣	١	٢،٥
٤	٥،٥	٢،٥

بيانات تفصيلية عن حالة المرور

النقطة	طبيعة النقطة
١	اشارة ضوئية
٢	تقاطـــع
٣	دوار
٤	اشارة ضوئيـة

- لكل قوس Arc

الملف الطبولوجي:

اسم القوس	الامتداد بين النقط	
	مـن	الى
١	٣	١
٢	٢	٤
٣	١	٢
٤	٤	٣

الملف المعلوماتي التفصيلي:

اسم القوس	الطول بالمتر	طبيعة الشارع
١	٩٠٠	جيـــد
٢	٩٠٠	متوسط
٣	١١٠٠	جيـــد
٤	١٠٠٠	متوسط

-- لكل مساحة Polygon

الملف الطبولوجي:

اسم المساحة	الأقواس المحيطة
الحديقـة	شـوارع أ،ج،ب،د

ملف البيانات التفصيلية:

اسم المساحة	الملكية(متر)	المحيط (متر)	المساحة (م٢)
الحديقـة	الدولـة	٣٩٠٠	٩٤٥٠٠٠

شكل (٢٤): يوضح كيفية تصميم قاعدة المعلومات الجغرافية

في النمط الترابطي Relational modell

لاحظ الفارق بين شكل (٢٣) وشكل (٢٤) في استقلالية المعلومات التفصيلية للظاهرات الطبولوجية في ملف خاص والرابط بين الملف الطبولوجي والملف المعلوماتي هو الاسم التعريفي للظاهرة الطبولوجية وليكن اسم الظاهرة كما في الشكل وهو "الحديقة".
ويستخدم النمط الترابطي في معظم المجالات التطبيقية لنظم المعلومات الجغرافية وخاصة تلك التي تعتمد على تصنيف طبولوجي كبير الى جانب تنوع في المعلومات التفصيلية لكل ظاهرة طبولوجية، ومن أهم هذه المجالات الدراسات البيئية والدراسات الاقتصادية والاحصائية.

-- النمط من نوع Digital Line Graph Structure:

يرجع تصميم هذا النمط من قواعد المعلومات الجغرافية الى هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية، والتي بذلت جهودا كبيرة لغرض اعداد الملفات المعلوماتية الكارتوجرافية الرقمية Digital Cartographic Data Files والمعروفة عالميا باسم ملفات الرسم الرقمي للخطوط Digital Line Graph (DLG)، حيث يعتبر هذا النمط من الملفات المعلوماتية التي توصف بالثوابت Standards، والتي يمكن الاعتماد عليها في نظم آلية عديدة لتنفيذ مشاريع تطبيقية، حيث يتوفر فيها التفاصيل الطبولوجية للخرائط آليا.
وقد اعتمدت الهيئة في تصميم ملفات (DLG) على سلسلة الخرائط الطبوغرافية الأمريكية، التي تحتوي على التقسيم الاحداثي ٧ دقائق و ٣٠ ثانية عرضية، و١٥ دقيقة طولية، كما يوجد ملف آخر من ال DLG يعتمد على مقياس ١:٢٠٠٠،٠٠٠ [1] .
ويجدر بالذكر هنا توضيح أن التصنيف الطبولوجي لملفات ال DLG يعتمد على أربعة طبقات معلوماتية Thematic Layers [2] كالآتي:

أ) ملف يحتوي على معلومات تتعلق بالحدود السياسية والادارية
ب) ملف يحتوي على الظاهرات الهيدروجرافية
ج) ملف يحتوي على شبكة الطرق والمواصلات
د) ملف يحتوي على نظام المساحة الأرضية، والذي يتم اعداده في الهيئة الأمريكية لادارة الأراضي

---

[1] STAR & ESTES, 1990, p. 54
[2] ALLDER & ELSAL, 1984

وعند الحديث عن العناصر المعلوماتية التي تتكون منها قواعد المعلومات الجغرافية من نوع DLG نجد أنها من حيث المبدأ لاتختلف كثيرا عن تلك التي تخضع لقواعد المعلومات الجغرافية الخطية سابقة الذكر وهي النقطة والخط والمساحة ، الا أن هناك اختلافات في المهام الطبولوجية تميز هذا النوع، فالنقطة يمكن أن تكون رئيسية لتمثل كما سبق معلومة مكانية نقطية أو بداية ونهاية خط ما، أو أنها تكون اضافية Additional points يتم اضافتها على امتداد ظاهرة خطية لتوضيح موقع ظاهرة متميزة.

والخطوط تحتل نقط بداية ونهاية لها، والتي تساعدنا في تحديد اتجاه الظاهرات الخطية، هذا الى جانب التعرف على الظاهرات المساحيية الواقعة على اليمين واليسار بالنسبة لاتجاه امتداد الظاهرات الخطية.

أما الظاهرات المساحية Polygons أو Areas هي التي تحدد بواسطة عنصر خطي مقفل تماما، الا أن هناك امكانية اضافة نقطة مساعدة Associated point والتي تساهم في عرض المعلومات التفصيلية عن تلك المساحة، وتوقع مثل هذه النقط المساعدة اختياريا، حيث يمكن عدم التقيد بتوقيعها داخل المساحة ذاتها.

وتساهم النقط والخطوط والمساحات في اتاحة الحصول على معلومات طبولوجية ومكانية، الا أن قواعد المعلومات الجغرافية من نوع DLG تتسم بوجود نظام ترميز Coding system للظاهرات، والذي يساهم في ربط المعلومات التفصيلية Attribute data مع تلك العناصر الطبولوجية، ويتدرج نظام الترميز في نمطين ، أحدهما: الترميز الرئيسي Major code والآخر: الترميز الفرعي Minor code.

ويجدر بالذكر أن الاعتماد على النموذج التفصيلي لهذا النوع من الترميز، كما يفسره ألدر وآخرون ALLDER (1984) يتضح في الآتي:

أ) نظام الترميز الرئيسي:

يحتوي على ثلاثة خانات للترميز، حيث خصصت الخانتان الأولى والثانية للمجموعة العامة من العناصر الطبولوجية، أما الثالثة فقد خصصت لتفاصيل فرعية، ويمكن عرض نموذج في الجدول الآتي:

المجموعة Category	الترميز الرئيسي Major code
اليابس Hypsography	٠٢٠
المسطحات المائية Hydrography	٠٢٠
الغطاء السطحي Surface cover	٠٧٠

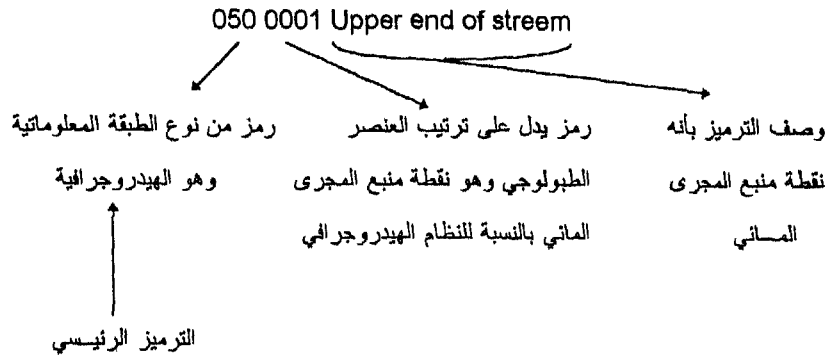
ب) نظام الترميز الفرعي:

يحتوي على أربعة خانات، حيث خصصت الخانة الأولى للرقم صفر، والخانات الأخرى لتفاصيل معلوماتية، ويمكن عرض نموذج في الجدول الآتي:

الوصف للرمز Description	الترميز الفرعي Minor code
خصص للنقط nodes	٠٠١-٠٩٩
خصص للمساحات Areas	١٠٠-١٩٩
خصص للخطوط Lines	٢٠٠-٢٩٩
خصص للخطوط القصيرة degenerate lines	٣٠٠-٣٩٩
خصص للأغراض العامة General Purpose	٤٠٠-٤٩٩
خصص للترميز الوصفي Descriptive codes	٦٠٠-٦٩٩

ويقصد بالترميز الخاص بالأغراض العامة هو الترميز للعناصر الطبولوجية النقطية والخطية والمساحية، التي يتم ترقيمها بواسطة المرقم Digitizer, والذي يتوقف على حجم وموقع الظاهرة الطبولوجية، أما الترميز الوصفي Descriptive code فيستخدم لبيانات اضافية في حالة وجود أهمية لها.

وعليه يمكن القول بأن نظام قواعد المعلومات الجغرافية من نوع ال DLG يحتوي على نظام ترميزي للعناصر الطبولوجية يتكون من سبعة خانات، فالثلاثة الأولى منها للترميز الرئيسي والأربعة الأخرى للترميز الفرعي سابق الذكر، والشكل (٢٥) عبارة عن سجل معلوماتي من ملفات الDLG.



شكل (٢٥): يوضح تفسير سجل معلوماتي في قاعدة معلومات جغرافية من نوع "DLG"

بالاضافة الى ذلك تحتوي الملفات من نوع ال DLG على بيانات اضافية عن تاريخ انتاج الملف ومسقط الخريطة المتبع والنظام الاحداثي وجملة عدد النقط والخطوط والمساحات التي يحتويها الملف.

ومن أهم المجالات التطبيقية لهذا النمط من المعلومات هو مجال الخرائط الأساسية للدول والأقاليم كبيرة المقياس، والتي يمكن أن يعتمد عليها في تنفيذ المشاريع التطبيقية باستخدام نظم آلية مختلفة.

- نمط من نوع TIGER:

قامت الهيئة الأمريكية لشؤون الاحصاءات السكانية بالتعاون مع الهيئة الأمريكية للمساحة الجيولوجية في عام ١٩٩٠ بانتاج ملف معلوماتي من نوع خاص يطلق عليه الاسم المختصر "تايجر" TIGER وهو اختصار لنظام الترميز الطبولوجي الجغرافي Topologically Integrated Encoding and Referencing بهدف استكمال العمليات الاحصائية الخاصة بالسكان وانتاج أعمال كارتوجرافية (خرائطية جديدة).

ويحتوي ملف "تايجر" معلومات مكانية على أساس التقسيم الاداري، والتي تضم الآتي:

- الظاهرات الجغرافية كالطرق البرية والحديدية وشبكة الأنهار
- حدود الأقاليم الاحصائية
- الحدود السياسية
- أقاليم النفوذ الحضري والأرقام الكودية للشوارع المعروفة باسم "ZIP codes".

ولم تنحصر أهمية ملفات "تايجر" عند مجال الاحصاءات السكانية بل لها استخدامات أخرى عديدة مثل الدراسات الاحصائية عن القوة الشرائية وتوزيع المستهلكين ، بناء على قوائم العناوين البريدية لهم، وكذلك في مجال خط سير سيارات خدمات التوصيل للمنازل وأيضا مجال الدورية للأمن والشرطة.

ويجدر بالذكر أن ملفات "تايجر" يمكن استخدامها في الوقت الحالي في التطبيقات التي تتعلق بالولايات المتحدة الأمريكية فقط، وخاصة وأنه لم يتم انتاج مثل هذه الملفات لتغطي دول أخرى، غير أن مشروع بنك المعلومات الدولي International data bank والذي تتبناه عدة جامعات كندية وأمريكية من ناحية ومع الأمم المتحدة من ناحية أخرى، سوف يكتمل قريبا ليغطي أنحاء العالم.

الفصل الثالث
قواعد المعلومات الجغرافية المساحية

يقصد بقواعد المعلومات الجغرافية المساحية تلك الملفات المعلوماتية التي تحتوي على بيانات على هيئة خلايا مساحية Cells أو Pixels ، وعادة يتم انتاج مثل هذه الملفات من استخدام أجهزة الماسح الضوئي Scanner والتي تحول عناصر الخريطة الأصلية Original map من حالة ملموسة Analog form الى حالة رقمية Digital form في نمط مساحي يطلق عليه Raster data .

وتتكون المعلومات المساحية من خلايا صغيرة Cells أو Pixels يتم ترتيبها على هيئة مصفوفات متتابعة تبدأ من نقطة بداية عمل الماسح، وتقع عادة في الركن الشمالي الغربي، أو الركن العلوي على اليسار Upper left corner ويمتد حتى آخر نقطة في الخريطة، والتي تكون عادة عند نهاية المصفوفة السفلى للخريطة.

والخلايا المساحية لاتحتل رقم يدل على ترتيبها في المصفوفة فحسب، ولكن أيضا على قيم تعبر عن طبيعة البيانات الوصفية Attribute data التي تنتسب اليها مثل مواصفتها اللونية، ومساحتها، وأبعادها، وشكلها وامتدادها.

وعادة يتم تخزين عناصر الخريطة الأساسية كالنقطة و الخط والمساحة في هذا النمط من الملفات المعلوماتية كالآتي:

- الظاهرات النقطية Point features : يتم تخزينها على هيئة خلية مساحية منفردة Single Grid Cell أو Single Pixel .
- الظاهرات الخطية Lineal features : يتم تخزينها على هيئة سلسلة من الخلايا المساحية المتجاورة، والتي تمتد في اتجاه يحدد اتجاه الخط بالنسبة لباقي مساحة الخريطة.
- الظاهرات المساحية Poygons : يتم تخزينها على هيئة مجمع من الخلايا المساحية المتجاورة، والتي تمتد على نفس امتدادها على الخريطة الأصلية.

وتتميز مثل تلك الملفات المعلوماتية بسهولة قراءتها بواسطة الحاسوب ببرامج معالجة الصور Image Processing Systems أو بواسطة كتابة برامج بلغة فورتران FORTRAN لقراءتها، حيث تتوفر في هذه اللغة الحسابات اللوغاريتمية التي تتعرف بسهولة على البيانات

المنتظمة التوزيع، والتي قد تم تخزينها على هيئة مصفوفات وأعمدة منتظمة مثل ماهو الحال في الملفات المعلوماتية المساحية Raster data files .

ويمكن تصنيف الملفات المعلوماتية المساحية الى ثلاثة أنماط كالآتي:

أ) النمط المبسط Sample Raster data files :

هو النمط الذي يعتمد على منهج ترتيب الخلايا المساحية Pixels في اطار شبكة GRID تتكون من مصفوفات وأعمدة يمكن من خلالها تحديد موقع كل خلية مساحية بواسطة تحديد رقم المصفوفة Raw والعمود Column .

ويعتبر هذا النمط من أبسط الملفات المعلوماتية المساحية من حيث الاستخدام، وتوجد هنانماذج تطبيقية عديدة تعتمد عليه منها:

- برنامج GRID program : والذي تم تصميمه في عام ١٩٦٩ في معمل الرسومات البيانية والتحليل المكاني للمعلومات Laboratory of Computer Graphics and Spatial Analysis في كلية التصاميم بجامعة هارفارد الأمريكية، وهذا البرنامج اعتمدت عليه نظم عديدة في مراحل تطويرها مثل: ARC/INFO ونظام IDRISI ونظام ERDAS .
- برنامج LUNR System : وقد تم تطويره في عام ١٩٧٢ في قسم الخدمات التخطيطية بولاية نيويورك، والذي يخدم النظم الخرائطية التي تعتمد على خرائط أساسية تم ترقيمها بواسطة الماسح الضوئي وقراءتها بأسلوب التحويل المساحي الى خطي Raster to vector convertion .
- مجموعة الملفات المعلوماتية لنظام MAGI : وقد تم تطويرها في أوائل السبعينات في قسم التخطيط بولاية ميري لاند الأمريكية.

ب) النمط الشبكي GRID type :

هو ذلك النمط الذي تخزن فيه المعلومات ببعدين 2D واللذان يقابلان الاحداثيات الشرقيات والشماليات في نظم ترتيب الخرائط، وأهم نموذج لهذ النمط هي الملفات المعلوماتية المسماه IMGRID أو Information System for Grid Cell Data Structure أي نظام الملفات المعلوماتية ذات التصميم الشبكي، والذي تم اعداده في قسم هندسة الطبيعة بكلية التصاميم بجامعة هارفارد في منتصف السبعينيات.

ج) النمط الهرمي للمعلومات المساحية Hierarchical raster data structure type:

يعتمد هذا النمط على التدرج الهرمي للخلايا المساحية وكذلك للمعلومات الوصفية التي تنسب لكل خلية، حيث يحتاج لتنفيذ ذلك وجود حزم من البرامج التي تعمل معا بصورة هرمية من خلال روابط Interfaces لاتاحة امكانية الربط بين المعلومات الوصفية وتلك الخلايا المساحية المناظرة لها.

وحيث ان الأنماط الثلاثة تحتل عدد كبير من الخلايا المساحية والمعلومات الوصفية، لذلك يلزم استحداث طرق لدمج البيانات بهدف تقليل حجمها، ويمكن اجراء ذلك على النمط الشبكي فقط باستخدام احدى الطرق الأتية:

- طريقة النمذجة للحد الخارجي للخلايا المساحية Chain Codes :

هى طريقة يتم فيها اعطاء مدخلات تعبر عن امتداد الخط الذي يحيط بالمساحة التي تحتوي على الخلايا المساحية، وذلك بهدف دمج المعلومات بدلا من ادخال عدد كبير من تلك الخلايا المساحية.

فالشكل ( ) يظهر المساحة التي تحتوي على خلايا مساحية ويلزم نمذجة الخط الخارجي الذي يحيط بها، وذلك من خلال ادخال رموز في اتجاه عقرب الساعة، وهذه الرموز هى:

للشرقيات = ٠ (صفر)

للشماليات = ١

للغربيات = ٢

للجنوبيات = ٣

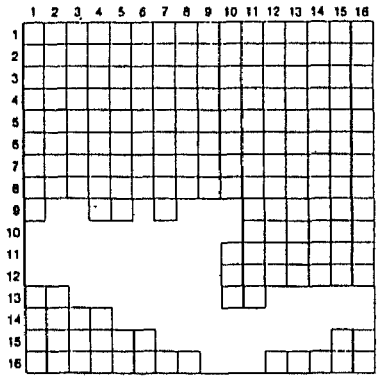
وينطبق ذلك على الشكل (٢٦) بحيث تكون نقطة البداية ولتكن عند الخلية المعلوماتية (١٠) في العمود (١) ، فان نمذجة الخط الذي يحيط بالمساحة تكون كالآتي:

٢٢،١،٢٢،١،٢٢٢،٣،٢٢٢،٣،٢٢،٣٣،٠٠،١،٠٠٠٠٠٠،٣٣،٢،٣٣٣،٠٠،١،٠٠٠٠،٣٣،٢،٣٣٣،٠٠،١،٠٠٠،٣،٠٠٠،١،٠٠،٣،٠٠،١،٠٠٠،٣،٠٠٠،١،٠٠

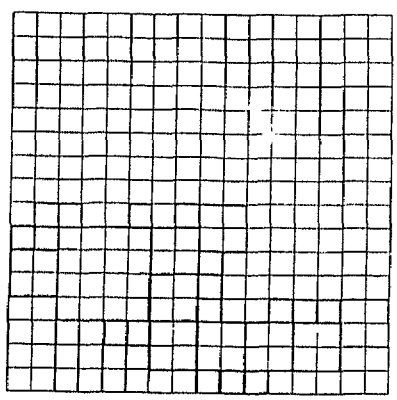
حيث تمتاز هذه الطريقة بالبساطة، الا أن هناك عيوب أهمها تكرار ادخال خط الحدود مرتين.

- طريقة النمذجة طولية الامتداد Run-length codes:

وتعتمد هذه الطريقة على نمذجة الامتداد الطولي للمصفوفات، والتي تبدأ عند أول خلية معلوماتية مساحية وتنتهي عند آخر خلية، كما تأخذ اتجاه من اليسار الى اليمين، أي في اتجاه عقرب الساعة أيضا.



شكل (٢٩): يوضح نمذجة الحد الخارجي للخلايا المساحية
التي يحتويها اقليم على خريطة بطريقة Chain Codes



شكل (٣٠): يوضح النمذجة على هيئة البلوكات Block Codes
للخلايا المساحية التي يحتويها اقليم على الخريطة

فبالاعتماد على شكل (٢٦) يمكن أن تكون النمذجة الطولية كما بالجدول (٣):

أرقام المصفوفات	قيم النمذجة حسب موقع الخلية
المصفوفة رقم ٩	٣،٢ ٦،٦ ٨،١٠
المصفوفة رقم ١٠	١،١٠
المصفوفة رقم ١١	١،٩
المصفوفة رقم ١٢	١،٩
المصفوفة رقم ١٣	٣،٩ ١٢،١٦
المصفوفة رقم ١٤	٥،١٦
المصفوفة رقم ١٥	٤،٦
المصفوفة رقم ١٦	٩،١١

جدول (٣): نموذج للنمذجة طولية الامتداد Run-length codes

حيث يتبين أن الخليات المعلوماتية وعددها ٦٩ خلية قد تم نمذجتها في ٢٢ رقم فقط، وهذا يدل على حجم التخفيض في المعلومات اللازم تخزينها، الا أن هذه الطريقة تحتاج الى كفاءة عالية من المعالجة، وخاصة كلما زاد حجم المعلومات ، كلما تطلب ذلك الى كفاءة الكترونية متميزة لتحويل البيانات المساحية الى خطية.

- نمط النمذجة على هيئة بلوكات Block codes:

يتم في هذه الحالة تجميع خليات معلوماتية متجاورة معا لتشكل بلوك واحد ذو شخصية مستقلة، هذا بالاضافة الى الخلايا المنفردة التي لايمكن تجميعها. وتساهم على سبيل المثال هذه الطريقة في تقليل عدد الخلايا المساحية من ٦٩ خلية الى ١٧ فقط، الا أنه يلزم عند قراءة مثل هذه الملفات توفر وظيفة استقراء هذا النمط المتجمع وتحويله الى النمط المبسط لتسهيل امكانية التعامل معه.

الباب الرابـــع

متطلبات نظم المعلومات الجغرافية

الفصل الأول: المتطلبات العلمية والمعلوماتية

الفصل الثاني: المتطلبات الفنية

الفصل الثالث: المتطلبات البشرية

الباب الرابـع
متطلبات نظم المعلومات الجغرافية

تحتل نظم المعلومات الجغرافية مكانة خاصة في مجال تكنولوجيا الحاسب الآلي المعاصر، وخاصة الجوانب التطبيقية منها، فمن الملاحظ أن تلك المكانة تزيد عاما بعد الآخر وذلك لزيادة حاجة المجتمعات والشعوب في الوقت الحالي لأنسب الطرق الخاصة بمعالجة المعلومات المكانية والمتعلقة بها، وذلك كمنهج تطبيقي وبحثي للتعرف على الامكانات المتوفرة من اقتصادية واجتماعية وبيئية كوسيلة لوضع خطط تنموية مستقبلية.

ولكي تتحقق كل هذه الأهداف بمساعدة نظم المعلومات الجغرافية، فانه من الضروري الاهتمام بتلك المتطلبات التي يجب توفرها بغرض انجاح الاعتماد عليها .

وتتنوع المتطلبات الى أنواع، والتي يمكن ذكرها في الآتي:

أ) متطلبات علمية ومعلوماتية

ب) متطلبات فنية

ج) متطلبات بشرية

ولكي يكون هناك هيكلا متكاملا لنظم المعلومات الجغرافية فلابد أن تتوفر الجوانب الأربعة الموضحة في شكل (٢٨)، كل يساهم بدوره الفعال حيث لايمكن الاستغناء عن جانب دون الآخر، لذلك فهى تمثل جوانب أساسية ترتبط بكل منها فروع وتفاصيل عديدة والتي سيهتم هذا الفصل بعرضها بالتفصيل.

شكل (٢٨): يوضح المتطلبات الأساسية اللازمة
لنظم المعلومات الجغرافية "GIS"

الفصل الأول
المتطلبات العلمية والمعلوماتية

يقصد بالمتطلبات العلمية لنظم المعلومات الجغرافية هى تلك الدعائم العلمية التي تستمد منها نظم المعلومات الجغرافية الأفكار العلمية والمناهج التطبيقية، بالاضافة الى المصادر المعلوماتية المختلفة ويمكن ذكر أنواع المتطلبات العلمية كالآتي:

أ) الخرائط الأساسية Base maps
ب) المعلومات البيئية Environmental data
ج) المعلومات المساحية والهندسية Engineering Information
د) المعلومات التخطيطة Planning data
هـ) المعلومات الخاصة باستخدامات الأراضي Landuse data
و) المعلومات الادارية Administrative data

أ) الخرائط الأساسية **Base maps**

سبق التنويه الى أن الفرق بين نظم المعلومات وبين نظم المعلومات الجغرافية هو أن الأخيرة تعتمد على توقيع المعلومات مكانيا أي على خرائط تمثل سطح الكرة الأرضية أو جزء منها، لذلك فان الخريطة تمثل الشق الأساسي في انجاح نظم المعلومات الجغرافية وغالبا ماتكون الخرائط الأساسية هى التي تحتل النصيب الأكبر من الخرائط المطلوبة في هذا المجال.

وتتنوع الخرائط الأساسية الى:

-- خرائط طبوغرافية
-- خرائط تفصيلية (كدسترالية) أو خرائط المدن والقرى
-- خرائط هيدروجرافية وهيدرولوجية
-- الصور الجوية
-- المرئيات الفضائية
-- بيانات نظم تحديد المواقع على سطح الأرض GPS

فالخرائط الطبوغرافية هى تلك الخرائط التي تحتوي على الظاهرات الطبيعية والبشرية في مقاييس رسم متوسطة وكبيرة، والتي يعتمد عليها كخرائط أساسية للاقليم الجغرافي عند الحاجة لعمل خرائط توزيعات خاصة.

وتتراوح مقاييس رسم هذه الخرائط مابين : ١:١٠٠٠٠ - ١:١٠٠٠٠٠٠ وذلك حسب حجم الاقليم، وتتسم هذه الخرائط بأنها تحتوي على معظم الظاهرات الطبيعية والبشرية في الاقليم والتي يمكن توضيحها في النقاط التالية:

-- الظاهرات الطبيعية:

* شبكة المياة كالأنهار والروافد وسواحل البحار والمحيطات والبحيرات والأودية الجافة والجارية، وكلها ظاهرات خطية وترسم باللون الأزرق.
* خطوط الكنتور، والتي ترسم لتوضيح الأشكال الطبوغرافية لسطح الأرض وذلك على هيئة خطوط تصل مابين النقاط المتساوية في الارتفاع أو الانخفاض عن مستوي سطح البحر، وترسم غالبا باللون البني.
* الأشكال المورفولوجية والأخاديد والانكسارات الأرضية والحافات الصخرية والكثبان الرملية، وترسم غالبا باللون الأسود كأشكال تحدد مورفولوجية الظاهرات، هذا الى جانب نقط سوداء لتوضيح المسطحات التي تغطيها الرمال.

-- الظاهرات البشرية:

* شبكة الطرق والمواصلات والتي تضم جميع الطرق بدرجاتها المختلفة بمافيها الدروب الصحراوية والتي عادة ماترسم على الخرائط الطبوغرافية باللون الأسود.
* التجمعات العمرانية وتضم المدن والقرى والتي ترسم باللون الأسود.
* مراكز الخدمات وهى مراكز الشرطة والاسعافات الأولية والمستشفيات والمدارس والمساجد، حيث تمثل على الخرائط برموز تصويرية معبرة عن نوع هذه الخدمات.
* شبكة خطوط الخدمات، وتضم خطوط أنابيب المياة العذبة وخطوط أنابيب الغاز وخطوط الكهرباء وخطوط الهاتف والتلغراف ... الخ، ويتم تمييز هذا النوع من الخطوط عن غيره فيما يخضع لشبكة الطرق والمواصلات في اضافة نقط على مسافات متساوية على طول الخط هذا الى جانب اختيار ألوان للخطوط الأحمر والأزرق والأسود وتدرج في مفتاح الخريطة.

* شبكة المسقط، وغالبا ماتعتمد الخرائط الطبوغرافية على مسقط ميركاتور الاسطواني المستعرض لسهولة التعامل معه في المساحات الصغيرة من سطح الأرض وسهولة قياس المسافات علية كما أنه يمتاز بالبساطة وذلك لأن خطوط الطول ودوائر العرض مستقيمة.

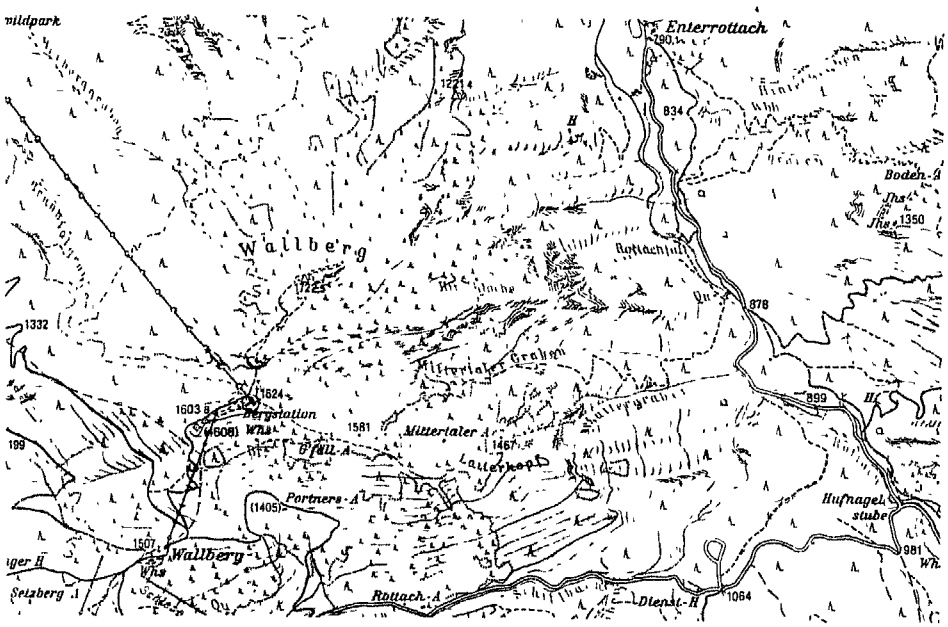
-- بيانات أخرى :

تحتوي الخرائط الطبوغرافية على بيانات أخرى اضافية هى :

* الكتابات، وهى المسميات للمواقع الجغرافية وارتفاعات خطوط الكنتور .

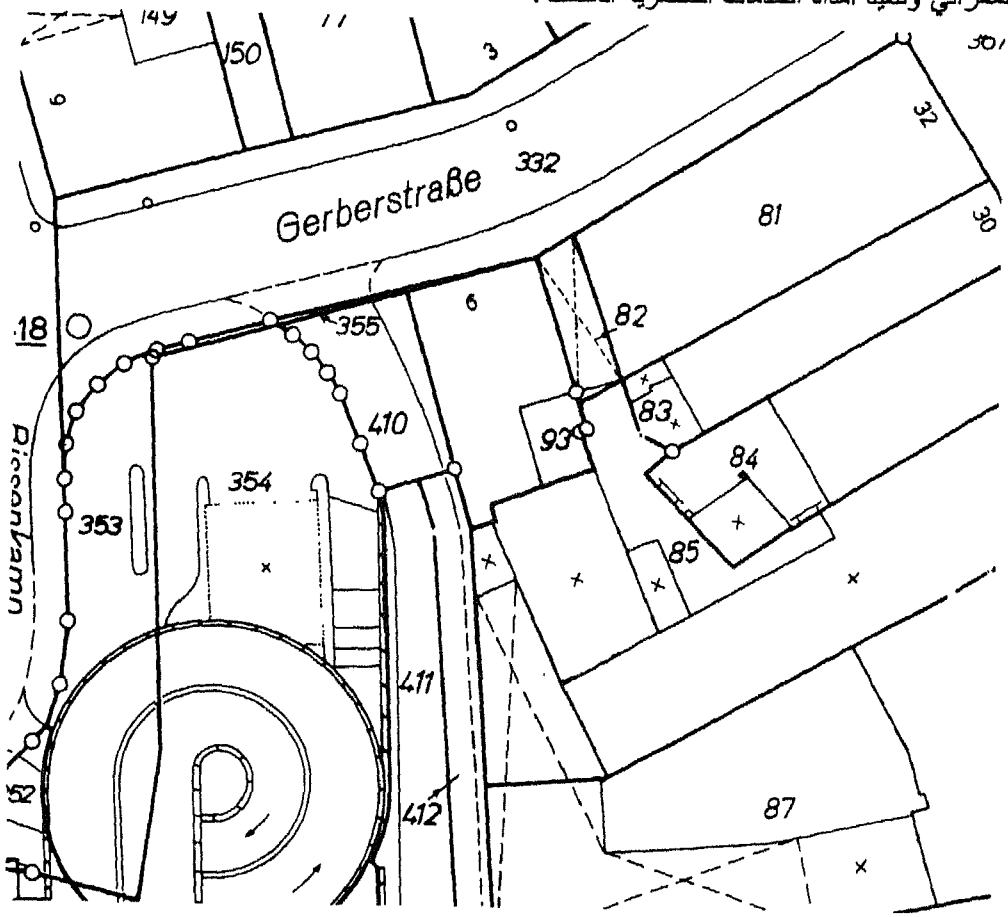
* عنوان الخريطة، وعادة يحتوي على مقطعين **أولهما :** اسم أكبر وحدة سكنية في الاقليم، **وثانيهما:** رقم اللوحة الطبوغرافية.

* مفتاح الخريطة، وعادة يقع الى الجنوب من الخريطة ويحوي تفسير للظاهرات الطبيعية والبشرية، ومقياس الرسم بنوعيه البسيط والمقارن والشبكي، ورمز توجيه الخريطة الى الشمال المغناطيسي والجغرافي، كما يحتوي على دليل ترتيب اللوحات الطبوغرافية، هذا الى جانب بيانات عن مقر انتاج الخريطة وسنة الانتاج.



شكل (٢٩): نموذج لجزء من خريطة طبوغرافية بمقياس رسم ١:٢٥٠٠٠
لمنطقة روتاخ- ايجرن بألمانيا - لوحة رقم ٨٤٣٦/٨٣٣٦ لعام ١٩٨٠

أما الخرائط التفصيلية أو الكدسترالية، والتي تسمى أيضا خرائط المدن والقرى، وخاصة أنها ترسم بمقاييس رسم كبيرة لاظهار تفاصيل المساحات المعمورة بالمدن والقرى، هذا الى جانب خرائط فك الزمام والتي تخصص للمساحات الزراعية، حيث يطلق عليها اسم خرائط الملكيات وهي ذات مقياس رسم كبير وتهتم باظهار قطع الأراضي Parcels وما يجاورها من قطع أخرى لتحديد متجاورات الملكية، وتخضع مقاييس الرسم أكبر من ١:١٠٠٠٠ لهذه المجموعة من الخرائط، ويستفاد من هذا النوع من الخرائط في مجال مشاريع نظم المعلومات الجغرافية المتعلقة بالتخطيط العمراني وتنفيذ امداد الخدمات الحضرية المختلفة.



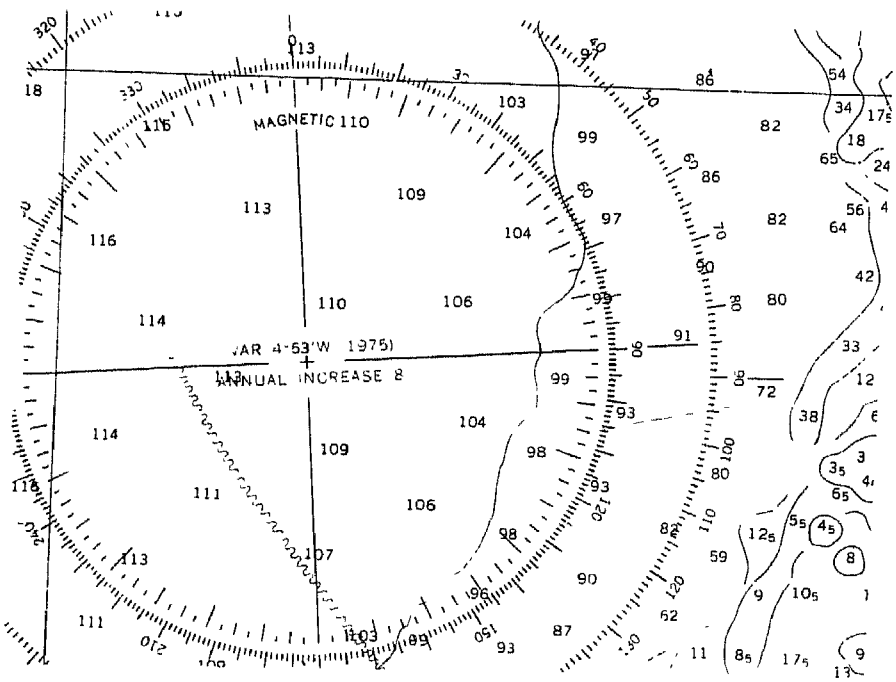
شكل (٣٠): نموذج لجزء من خريطة كدسترالية (تفصيلية) بمقياس رسم : ١:٥٠٠
من اقليم مدينة دورتموند بألمانيا، انتاج ١٩٨٢م.

أما الخرائط الهيدروجرافية، هى تلك التي ترسم للمناطق البحرية المحيطة باليابس، وهى تحتوي عادة على بيانات عن أعماق المياه الاقليمية وطبوغرافية قاع تلك المناطق، وتختلف مقاييس الرسم لهذ النوع من الخرائط وذلك باختلاف حجم المساحة البحرية التي ترسم لها.

ويرسم هذا النوع من الخرائط عادة لمناطق الموانىء البحرية والخلجان التي تتسم بوجود نشاط في الحركة البحرية والاستغلال البشري، وقد انتشر اليوم في معظم الدول المتقدمة التي تقع على البحار والمحيطات تنفيذ مشاريع تطبيقية في هذا المجال والتي تعرف بنظم المعلومات الهيدروجرافية Hydrographic Information Systems وخاصة في كندا، كما أن هناك حزم من البرامج قد صممت خاصة لهذا النوع من التطبيقات مثل نظام CARIS الكندي.

ويعتمد رسم هذا النوع من الخرائط على الصور الجوية العمودية Orthophotographic Image وكذلك المرئيات الفضائية التي تهتم باظهار تفاصيل المناطق البحرية الضحلة المتاخمة لليابس وخاصة الارسابات البحرية والنحت البحري والشعب المرجانية...الخ.

هذا بالاضافة الى اعتماد هذا النوع من الخرائط على المسح الميداني باستخدام أجهزة قياس أعماق المياه.



شكل (٣١): نموذج لخريطة بحرية بمقياس ١:٥٠,٠٠٠

- **الصور الجوية:** وتلعب الصور الجوية دورا هاما في مجال الخرائط الأساسية وخاصة الصور العمودية منها، والتي يمكن أن تستخدم في تصحيح الخرائط الطبوغرافية ورسم الخرائط التفصيلية الدقيقة، وفي مجال نظم المعلومات الجغرافية يمكن الاستفادة مباشرة من الصور الجوية العمودية وخاصة في مجال استخدامات الأراضي ومجال الدراسات البيئية ومجال التخطيط العمراني، حيث توجد نظم معلومات جغرافية مساحية Raster Geographic Information Systems والتي يمكن بواسطتها ادخال الصور الجوية مباشرة باستخدام أجهزة المسح Scanners.

والجدير بالذكر أن هناك علاقة وثيقة بين مقياس رسم الصور الجوية وبين المجال الذي تستخدم فيه، وعليه فان الجدول (٤) يوضح المقاييس المقابلة لكل استخدام.

مقياس الرسم للصور الجوية	مجال الاستخدام
١:٤٠٠٠ (أرثوفوتوجرافية)	الخرائط الأرثوفوتوجرافية للملكيات والأقاليم التفصيلية
١:٥٠٠٠ - ١:١٠٠٠٠	خرائط تفصيلية للمدن والقرى
١:٢٠٠٠٠	خرائط عامة للمدن
١:٤٠٠٠٠	خرائط للدراسات الاقليمية واستخدامات الأراضي
١:٢٠٠٠٠ - ١:٥٠٠٠٠	خرائط طبوغرافية من ١:٢٥٠٠٠ - ١:١٠٠٠٠٠
١:٨٠٠٠٠	خرائط طبوغرافية متوسطة المقياس
١:١٠٠٠٠٠	الدراسات الاستطلاعية

جدول (٣): يوضح مجالات استخدام الصور الجوية في مقاييس الرسم المختلفة

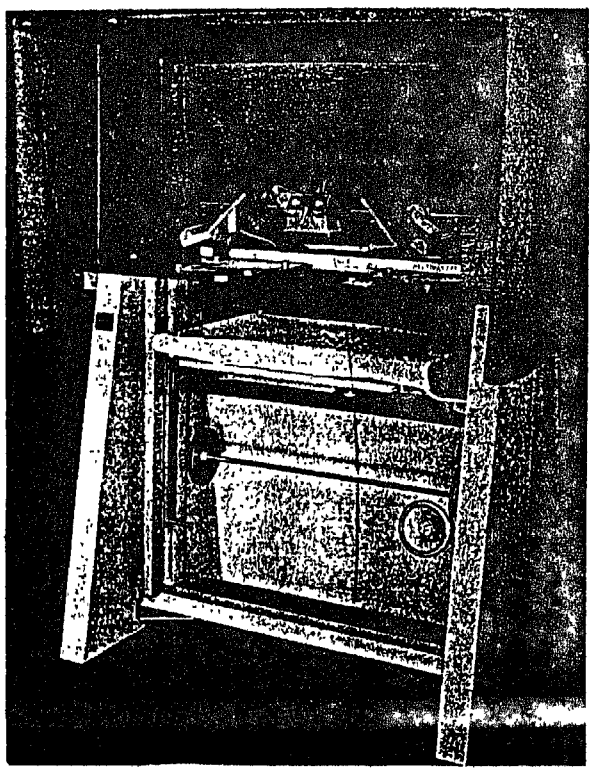
هذا بالاضافة الى مقاييس رسم أخرى يمكن تحديدها حسب موضوع التطبيق وحسب طبيعة المنطقة تضاريسيا، فكلما كانت المنطقة شديدة التباين التضاريسى كلما كبر مقياس رسم الصورة الجوية، كما أن الدراسات البيئية وخاصة للمناطق الساحلية تحتاج الى مواصفات خاصة لدى الصور الجوية مثل نوعية الأفلام وأسلوب التصوير.

وتحتاج الصور الجوية الى تجهيزات فنية لتليلها بهدف الاستفادة المثلى منها في رسم الخرائط كمرحلة تمهيدية لادخالها في نظم المعلومات الجغرافية، ويمكن عرض بعض أهم الأجهزة التي تستخدم في مجال تفسير وقراءة الصور الجوية في الآتي:

أجهزة لتفسير صور جوية منفردة:

هى تلك الأجهزة التي تستخدم في نقل المعلومات من صورة جوية منفردة الى الخريطة، والتي لاتساهم في ازالة التشويهات التي تطرأ على الصور الجوية نتيجة الازاحة التضاريسية أو التباين التضاريسي الشديد، حيث تنتج الازاحة التضاريسية عن ميل محور التصوير، وعليه لايمكن أن تساهم في رسم خرائط تضاريسية ولكنها تستخدم في نقل البيانات الوصفية من الصورة وتكبير أو تصغير مقياس الرسم، ,اهم هذه الأجهزة :

- جهاز عكس التفاصيل **Reflecting Projector** حيث يقوم بعكس التفاصيل من الصورة الى الأسفل للمساعدة في شف Tracing المعلومات أو أن تكون المعلومات منعكسة من الخلف بحيث توضع خريطة شفافة فوق الزجاج الذي تنعكس عليه التفاصيل تمهيدا لشفها.
- جهاز اسكتش ماستر **Sketch Master**، وهو جهاز يعتمد على طريقة الحصول على صورتين موضوعتين على بعضهما؛ الأولى للصورة الجوية كمصدر أساسي للمعلومات، والثانية الخريطة أو ورقة الرسم وذلك لشف بيانات الصورة الجوية على هيئة اسكتشات أي رسومات توضيحية للمعلومات.



شكل (٣٢): جهاز اسكتش ماستر Sketch Master

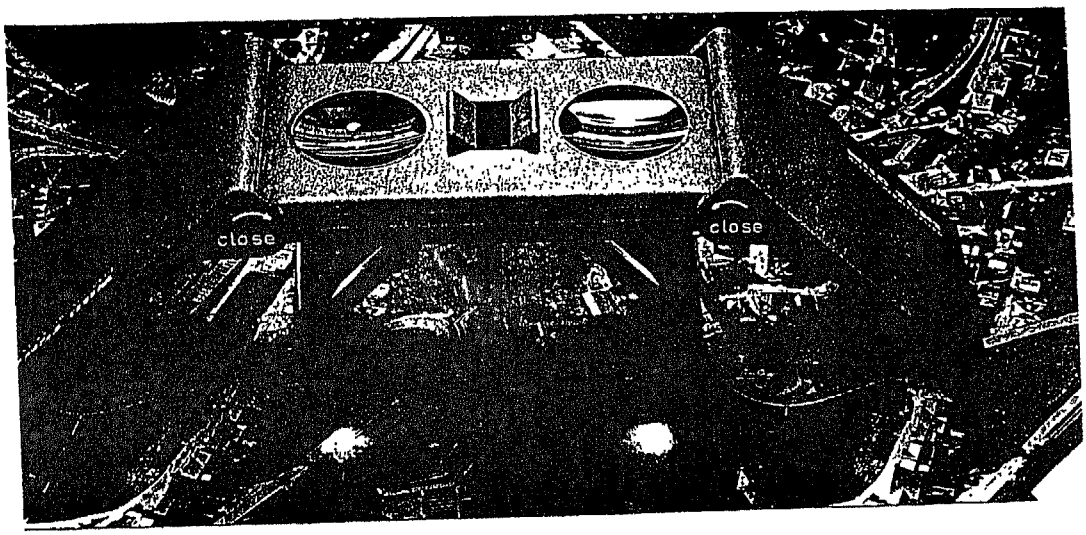
أجهزة الرؤية المجسمة:

تستخدم هذه الأجهزة في تحليل الصور الجوية وقراءتها على أساس الرؤية المجسمة لصورتين نتتاليتين، حيث يوجد هناك عدد كبير من هذه الأجهزة التي تخدم في مجموعها عمليات اجراء قياسات الارتفاعات التضاريسية والمساحية، هذا الى جانب رسم خرائط مباشرة من الصور الجوية على هيئة أشكال طبوغرافية وخطوط كنتورية، وعليه فانها تخدم في التحليل الكمي والنوعي للصور الجوية المتتالية التي تحتل تداخلى طولي قدره ٦٠٪ .

وتتنوع أجهزة الرؤية المجسمة الى الآتي:

-- استريوسكوب الجيب:

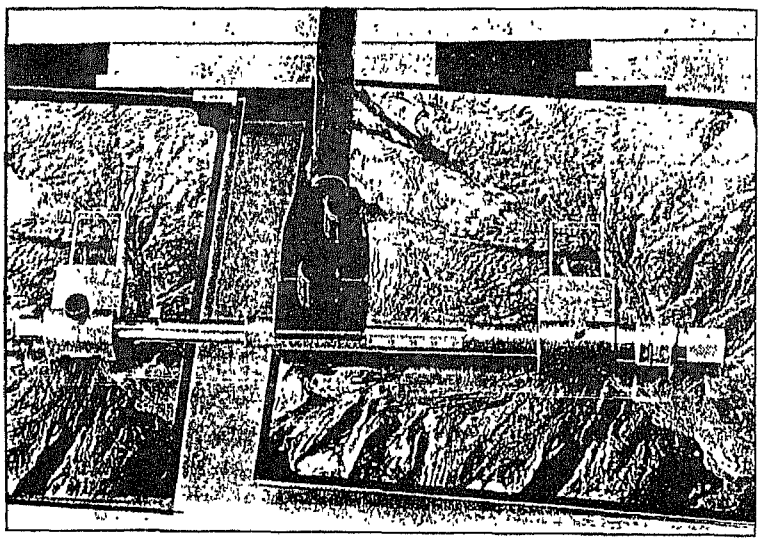
تمتاز بسهولة استخدامها في حقل الدراسة الا أنه يعاب عليها صغر المساحة التي يمكن رؤيتها مجسمة وذلك لصغر الجهاز، حيث لاتتعدى المساحة ٦ x ١٣ سم . كما أنه لايمكن استخدامه في اجراء قياسات لارتفاع ظاهرات على الصور الجوية (شكل ٣٣).



شكل (٣٣): جهاز استريوسكوب الجيب

-- استريوسكوب الجيب المعدل:

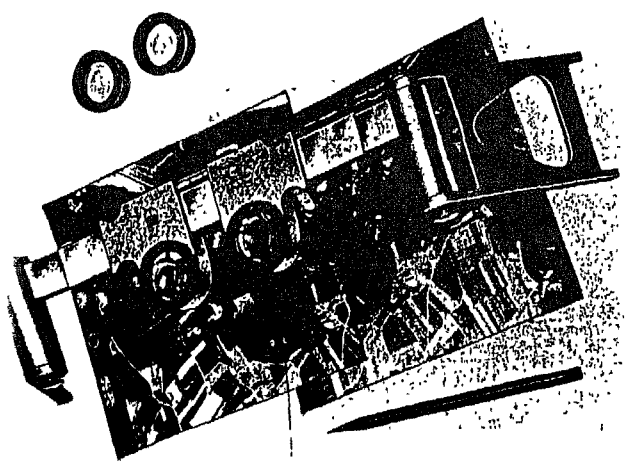
نظرا لعم الاستفادة من استريوسكوب الجيب في قياس ارتفاع الظاهرات على الصور الجوية والذي له أهمية كبيرة أثناء العمل الميداني وخاصة في الغابات فانه تم تعديله واضافة جهاز البرالاكس عليه، الا أنه مازال يعاب عليه صغر مساحة التجسيم (شكل ٣٤).



شكل (٣٤): جهاز استريوسكوب الجيب المعدل

-- استريوسكوب الجيب ذو الكبري:

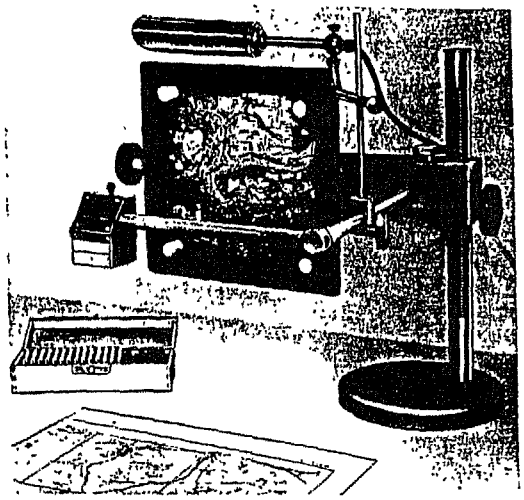
نظرا لعدم امكانية تجسيم مساحة كبيرة على الصور الجوية، مما يترتب عليه انعدام الرؤية المتكاملة للمساحة التي تغطيها الصورتان المتتاليتان، فقد أضيفت تعديلات على استريوسكوب الجيب بحيث تكون قاعدة الرؤية أكبر بواسطة كوبري بطول ٣٧ سم تتحرك عليه العدستان، مع ملاحظة اتاحة فرصة تغيير العدسات حسب نسبة التكبير المطلوبة لزيادة امكانية الاستفادة، ويتيح هذا الجهاز رؤية مجسمة لمساحة الصور بحجم ٢٣ × ٢٣ سم (شكل ٣٥).



شكل (٣٥): جهاز استريوسكوب ذو الكوبري

-- استريوسكوب متعدد الصور (ذو المنشوران):

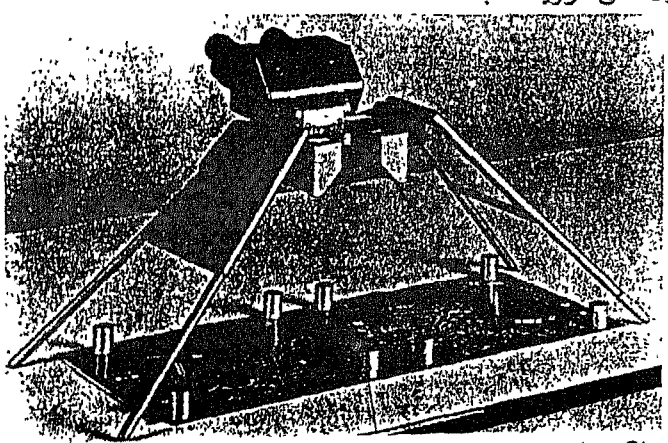
يتيح هذا الجهاز امكانية الحصول على رؤية مجسمة لسلسلة من الصور الجوية المتتالية، حيث يعتمد على منشورين مثبتين بحيث يناظر كل منهما جانبا من الصور (شكل ٣٦) ويحقق رؤية لمساحة من الصور تصل الى ١٥ X ٢٣ سم .



شكل (٣٦): جهاز استريوسكوب متعدد الصور (ذو المنشوران)

-- استريوسكوب ذو المرايات:

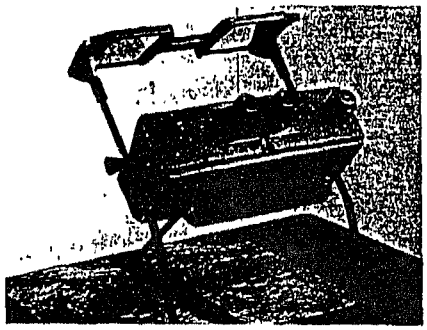
كما يظهر شكل (٣٧) يتيح الجهاز رؤية مجسمة لزوجين من الصور المتتالية وبصورتكاملة بحيث يمكن استخدام جميع أحجام الصور الجوية به، ويخصص هذا النوع من الأجهزة للعمل في المكاتب وليس في الحقل الميداني كما سبق في حالة أجهزة الاستريوسكوب الصغير، حيث توضع الصورتان تحت الجهاز ويتم النظر اليهما من خلال عدستين أو منظارين في أعلى الجهاز وتحتاج الصورتان الى تحريك حتى يتم الحصول على الرؤية المجسمة.



شكل (٣٧): جهاز استريوسكوب ذو المرايا

-- الاستريوسكوب الماسح Scanning Stereoscope:

يعتمد على منشور متحرك مع وجود مرايات عاكسة سهلة التثبيت بمايتفق مع حجم الصورة والتي تصل الى ٢٣ X ٤٦سم ، ويصل التكبير الى ٤.٥ مرة (شكل ٣٨).

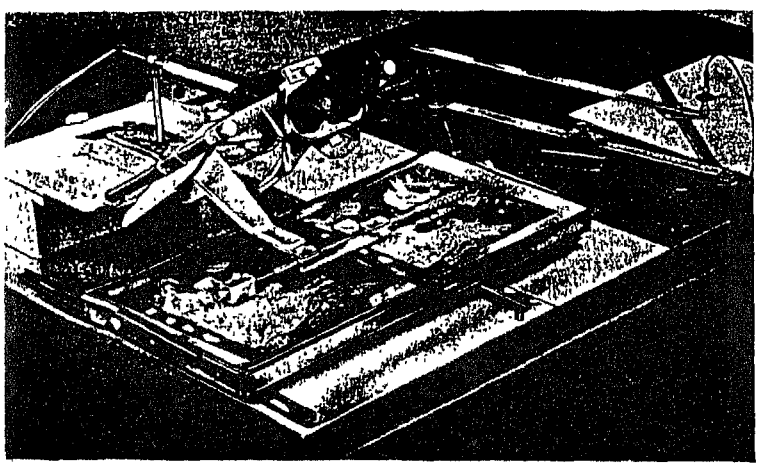


شكل (٣٨): جهاز الاستريوسكوب الماسح

وتعتمد عملية اجراء قياسات لارتفاع الظاهرات على الصور الجوية المجسمة وأيضا رسمها على أجهزة فرعية أخرى يتم توصيلها في أجهزة الرؤية المجسمة مثل جهاز استريوميتر، كما أن هناك أجهزة متكاملة مثل :

-- جهاز استريوبرت Stereopret:

يعتبر جهاز متعدد الأغراض، حيث يساهم في اظهار الرؤية المجسمة والمساعدة في قراءتها الى جانب أنه يعتبر جهاز لرسم محتويات الصورة ومثبت به جهاز للقياس على الصور يسمى باسم استريوميتر Stereometer وجهاز آخر يسمى بانتوجراف Pantograph أي الرسام (شكل ٣٩) والذي يساهم في تغطية مساحة تصل الى ٢٤ x ٢٤ سم .



شكل (٣٩): جهاز استريوبرت

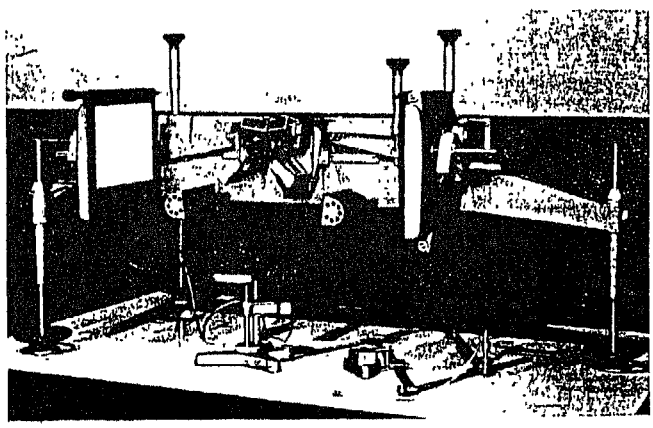
-- جهاز استريوبانتوميتر Stereopantometer :

ويتكون من جهاز استريوسكوب وجهاز استريوميتر وذراع للرسم ويساهم في تغطية مساحة تصل الى ٣٠ x ٣٠سم (شكل ٤٠).

شكل (٤٠): جهاز استريوبانتومتر

-- جهاز استريوفلكس Stereoflex-SOM :

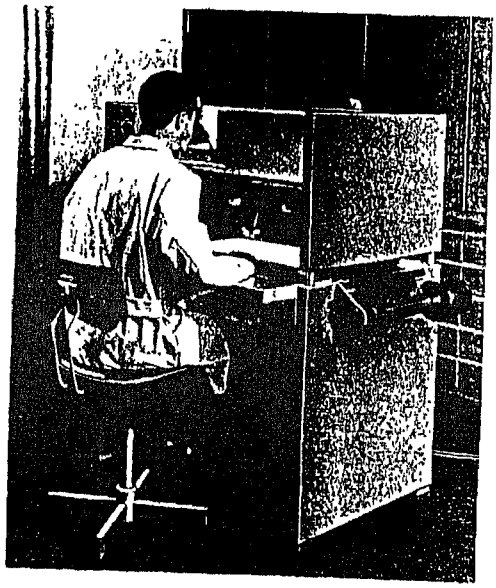
يستخدم في تحليل الصور المطبوعة على أفلام أو ألوان زجاجية بحجم يصل الى ٢٣ x ٢٣سم، وأيضا على ورق ويتصل به جهاز البانتوجراف للرسم (شكل ٤١).



شكل (٤١): جهاز استريوفلكس

-- جهاز انتربرتسكوب Interpretscope :

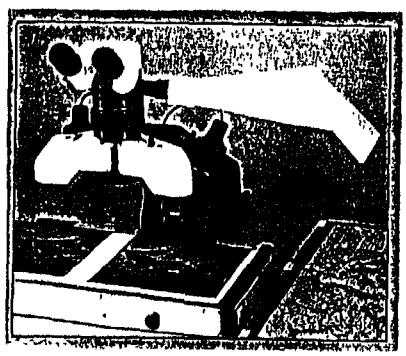
يتيح هذا الجهاز العمل لفردين معا في نفس الوقت ويستخدم في تحليل وقراءة الصور الجوية على جميع أنواعها على الورق أو الفيلم، ويتيح نسبة تكبير تصل الى ١٥ مرة ومدرج به رسام يمكن ضبطه على جميع مقاييس الرسم (شكل ٤٢).



شكل (٤٢): جهاز انتربرتسكوب

-- **جهاز استريوسكتش Stereosketch:**

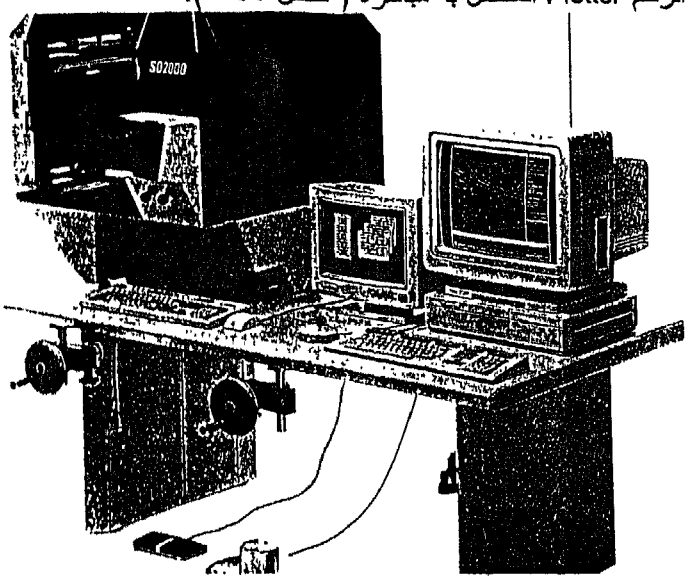
ويتيح الرسم المباشر من الصور الجوية وخاصة لتحديد أشكال الظاهرات على الصورة ومواقعها وتحديد أبعاد ظلها ويتكون الجهاز من استريوسكوب ولوحتين لوضع الصور عليهما، ولوحة رسم يمكن تحريكها وضبطها حسب الغرض، ويتيح امكانية التكبير حتى ٢,٥ مرة والتصغير حتى ٠,٨ مرة ، ويمتاز بسهولة استخدامه في الأغراض التعليمية والعلمية (شكل ٤٣).



شكل (٤٣): جهاز استريوسكتش

-- جهاز استريوبلوتر Stereoplotter:

يشبه جهاز الانتربرتوسكوب الا أنه يتصل بالحاسب الآلي مباشرة لتخزين المعلومات ومن ثم يوفر امكانية اخراجها على جهاز الرسم Plotter المتصل به مباشرة (شكل ٤٤).



شكل (٤٣): جهاز استريوبلوتر

وتخضع الصور الجوية الى المصادر المعلوماتية الهامة والتي تحتاج الى عناية كبيرة عند حفظها وترتيبها حتى يتسنى الحصول عليها بنظام وقت الحاجة اليها، فمن الطبيعي عند اجراء مسح جوى لاقليم جغرافي ما، فان هناك عددا كبيرا من الصور الجوية التي قد تتعدى المئات والتي يلزم وضع نظام مقنن لترتيبها وحفظها.

فعند الاعتماد على الصور الجوية يواجه المرء مشكلتين كبيرتين هما: كيفية تحديد الصور المطلوبة لتغطية جزء معين من سطح الأرض، ثم كيفية العثور على هذه الصور المنتقاه بالسرعة اللازمة من بين العدد الكبير الموجود في الدليل.

-- المرئيات الفضائية Satellite Images:

تعتمد نظم المعلومات الجغرافية أيضا على المعلومات الفضائية وخاصة تلك التي تسمى باسم المرئيات الفضائية والتي يمكن بواسطتها الحصول على بيانات مكانية Spatial data تصنف التركيب النوعي والكمي للمواقع التي لايمكن الحصول عليها من المصادر المساحية الأخرى كطرق المسح الأرضي (المساحة المستوية) أو طرق المسح الجوي (المساحة الفوتوجراميترية) أو التصويرية.

وتعتبر المرئيات الفضائية من المصادر المعلوماتية الرخيصة جدا اذا ماقورنت بالتكاليف التي تنفق على الطرق التقليدية الأخرى، والجدير بالذكر أن المرئيات الفضائية تختلف في نوعيتها ومجالات استخدامها من قمر صناعي الى آخر، وعليه فانه من الضروري الوضع في الاعتبار نوعية الأقمار الصناعية المطلوب الحصول على مرئيات منها وذلك حسب التخصص، والجدول التالي يساهم في التغلب على هذه المشكلة:

نوع القمر الصناعي	المؤسسة المشرفة عليه	مجال التطبيق
١) سلسلة أقمار NOAA	البرنامج الفضائي NOAA	الطقس والمناخ
٢) سلسلة أقمار GOES للبيئة	البرنامج الفضائي NOAA	الطقس والمناخ
٣) القمر الأمريكي لقوات الدفاع DMSP	وزارة الدفاع الأمريكية	الطقس والمناخ للأغراض العسكرية
٤) سلسلة أقمار Meteosat	المنظمة الأوروبية ESA	الطقس والمناخ
٥) سلسلة أقمار GMS	المؤسسة اليابانية NASDA	الطقس والمناخ
٦) قمر المناخ Meteor-2	المؤسسة الروسية الفضائية	الطقس والمناخ
٧) سلسلة أقمار لاندسات الأمريكية Landsat	المؤسسة الأمريكية NASA بالتعاون مع EOSAT	الغطاءات النباتية، المحاصيل الزراعية، استخدامات الأراضي
٨) قمر LAGEOS-1 Laser Geodynamic-Sat-1	المؤسسة الأمريكية NASA	الجيومورفولوجيا والجيولوجيا
٩) قمر ERBE Earth Radiation Budget Experiment	بالتعاون مع NOAA و NASA	الاشعاع الأرضي
١٠) قمر GeoSat Geodesy Satellite	مؤسسة الملاحة الأمريكية	الملاحة والتوجيه، طبقات الجو العليا
١١) أقمار GPS	بالتعاون بين مؤسسة الملاحة الأمريكية وNASA وNOAA ومؤسسة المساحة الجيوديسية الأمريكية	الجيوديسيا وتحديد المواقع
١٢) سلسلة أقمار SPOT	الحكومة الفرنسية	استخدامات الأراضي والموارد الطبيعية
١٣) القمر الهندي IRS	الحكومة الهندية	الموارد الطبيعية الأرضية

جدول (٤): مقارنة في مجالات التطبيق بين ظم الاستشعار المختلفة

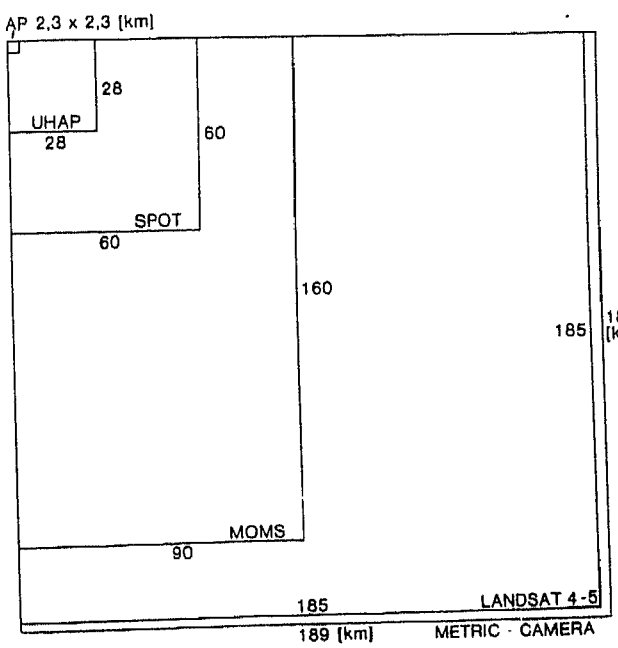
المصدر: EARSETL News , March 1987, No. 31

غير أنه من المهم عند اختيار مرئيات من قمر صناعي ما ملاحظة الفوارق الكبيرة في طبيعة وخصائص المرئيات من قمر الى أخر، لذلك فالجدول (٥) يساهم في اعطاء مقارنة بين مرئيات الأقمار المختلفة.

نقاط المقارنة	برنامج MC	برنامج Landsat-4	برنامج MOMS	برنامج SPOT	برنامج UHAP	برنامج AP
ارتفاع الاستشعار	٩٢٥٠كم	٧٠٤ كم	٢٩٠ كم	٨٣٢ كم	٢٠ كم	٣ كم
مقياس الرسم	١:٨٢٠,٠٠٠	١:١٠٠٠,٠٠٠	١:٨٥٠,٠٠٠	١:٤٠٠,٠٠٠	١:١٢٥,٠٠٠	١:١٠,٠٠٠
أبعاد المرئية (كم)	١٨٩ X ١٨٩	١٨٥ X ١٨٥	٩٠ X ١٤٠	٦٠ X ٦٠	٢٨ X ٢٨	٢,٣ X ٢,٣
التغطية الأرضية كم٢	٣٥,٧٢١	٣٤,٢٢٥	١٢,٦٠٠	٣٦٠٠	٧٨٤	١٢
حجم الPixel (م)	----	٣٠ X ٣٠	٢٠ X ٢٠	١٠ X ١٠	----	----
الدقة الأرضية (م)	٢١ X ٢١	٨٥ X ٨٥	٥٧ X ٥٧	٢٨ X ٢٨	٨ – ٣	٠,٢٥ X ٠,٢٥

جدول (٥): مقارنة بين نظم الاستشعار المختلفة في مواصفات المرئيات
المصدر: KONECNY,G. (1985),P. 117

والرسم (شكل ٤٥) يوضح مقارنة تخطيطية بين النظم المختلفة من حيث أبعاد المرئيات المختلفة في مقياس رسم ١:٢,٠٠٠,٠٠٠ .



شكل (٤٥): رسم تخطيطي للمقارنة بين أحجام المرئيات المختلفة

ويتم الحصول على المرئيات الفضائية من خلال احدى نظم ترتيب المرئيات الفضائية العالمية وهي:

-- نظام ترتيب المرئيات الفضائية UTM-System:

يقسم سطح الأرض البيضاوي مابين ٨٤ درجة شمالا و ٨٠ درجة جنوبا الى ٦٠ قسم طولي يحتوي كل منها على ٦ درجات طولية بحيث يكون خط الطول الأوسط لكل قسم يكون ٣ ، ٩ ، ١٥ درجة على التوالي، وهكذا شرقا وغربا، وتم ترقيم الأقسام من الغرب الى الشرق من خط طول ١٧٧ درجة غربا حيث المنطقة ٣ درجة شرق تحتل رقم ٣١ ، والمنطقة ٩ درجة شرق رقم ٣٢ وهكذا، هذا الى جانب تقسيم كل قسم الى وحدات عرضية قدرها ٨ درجات عرضية تبدأ من ٨٠ درجة جنوبا مع اضافة حروف هجائية كبيرة لكل وحدة وعليه يكون كل حقل ينتج عن هذا التقسيم يتم تقسيمه الى شبكة من الخطوط لتحتل أبعاد عرضية وطولية ١٠٠ x ١٠٠ كم في الاحداثية السينية والصادية مع اضافة حرفين هجائيين للسينات والصادات وذلك من خط الطول الأوسط للمنطقة.

-- النظام الدولي للفهرسة World Refrence System (WRS) :

يخدم هذا النظام ترتيب وتحديد المرئيات الفضائية من القمر الصناعي لاندسات، بحيث تبدأ ترقيمات المدارات من ١ - ٢٣٣ من الشرق للغرب تسمى باسم Paths أي مدارات ثم يقسم كل مدار من الشمال الى الجنوب الى ٨٠ منطقة بأبعاد ١٨٥ x ١٨٥ كم على الطبيعة ويسمى الخط المار بالمناطق المتجاورة على مدارات متتابعة باسم Row أي صف وتسمى نقطة التقاء المدار مع الصف باسم نقطة مركز المرئية Scence Centre Point والتي بواسطتها يتم الحصول على المرئيات من وكالة الفضاء، وتسمى المناطق المذكورة باسم مرئيات فضائية أو Scenes(شكل).

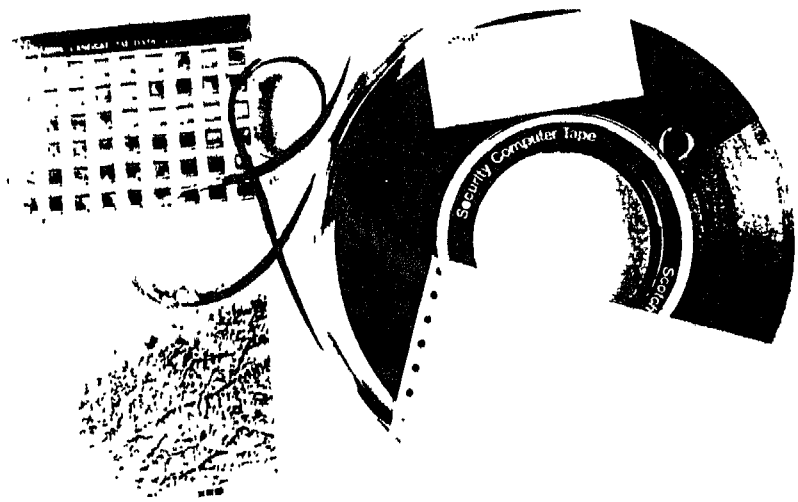
وعندما يتم الحصول على المئيات وذلك بتحديد النقطة المركزية للمرئية، وتاريخ الاستشعار، وهدف الدراسة لتحديد نوع المجال الطيفي المطلوب، حيث تكون المعلومات في حالة رقمية Digital form وهي عبارة عن مجموعة من الوحدات المساحية Pixels الدقيقة جدا و المتجاورة لتشكل المنطقة بالكامل.

ويلزم للتعامل مع المرئيات الفضائية الحصول على نظم الكترونية لمعالجة الصور Image data Processing systems باستخدام الحاسب الآلي وذلك لقراءتها واجراء تصنيفات علمية على محتواها العلمي حسب الغرض المطلوب.

ويوجد نظم عديدة لمعالجة هذا النوع من المعلومات، فبالاضافة الى النظم التجارية الكبرى توجد نظم على الحاسب الشخصي PC مثل ERDAS , Microsoft PIPS والتي يمكن بواسطتها الحصول على نفس النتيجة كالحاسبات الكبرى، وبالرغم من أن سرعتها وحجمها محدود الا أنها تناسب أعمال البحث العلمي والتدريس وكذلك الاستخدامات الخاصة.

ومن أهم مراحل العمل في نظم معالجة الصور (المرئيات الفضائية) هي مرحلة حساب تتدرج اللون الرمادي وحساب الأركان والزوايا، واختيار فيلتر للمعلومات للحصول على أدق النتائج.

ثم تمكنا هذه النظم بتوجيه المرئية الفضائية بحيث تتطابق على مساقط الخرائط أو مع مرئيات أخرى من فترات زمنية سابقة، أو مرئيات من قمر صناعي آخر مثل تطابق مرئيات لاندسات مع مرئيات سبوت، وبهذا يمكن الاستفادة من نظم معالجة الصور على أكمل وجه، وبعد أن تجرى معالجة بيانات المرئية باحدى النظم المذكورة على شاشة الحاسب الآلي يمكن طبعها أو نسخها مباشرة وذلك بواسطة رسام خاص للصور يطلق عليه Raster plotter وذلك على أفلام أو على ورق عادي.



شكل (٤٦): أحد أنماط وسائط تخزين بيانات الاستشعار عن بعد

خصائص بيانات المرئيات الفضائية:

يطلق على جميع المرئيات التي تصلنا من الأقمار الصناعية مصطلح "مرئية فضائية" Satellite Image ولكنه يجب التمييز بين ثلاثة أنواع:

أ) مرئيات يتم الحصول عليها بواسطة نظم التصوير الفوتوغرافي على الأقمار الصناعية أو المركبات الفضائية مثل ال Metric Camera فانها تكون على أفلام على هيئة صور ويطلق عليها صور فضائية Satellite Photos .

ب) مرئيات يتم الحصول عليها بواسطة نظم الاستشعار التي تعمل بنظام الماسح الضوئي Scanner أو المستشعر Sensor مثل أجهزة الاستشعار متعددة الأطياف MSS وأجهزة الراسم الثيماتيكي TM المتواجدة على قمر لاندسات وهي التي يطلق عليها اسم Satellite Image وتكون البيانات رقمية أو مطبوعة أو على أفلام تم الحصول عليها من استشعار الأشعة الكهرومغناطيسية المنعكسة من ظاهرات سطح الأرض وتحتاج الى نظم معالجة Processing Systems خاصة لقراءتها وتحليلها.

ج) مرئيات الرادار والتي يتم الحصول عليها من نظم الرادار التي تعمل في مجال الموجات الميكروووية Microwaves حيث تبث الأشعة الى الأهداف ثم تستقبل بعد انعكاسها ، وهذه النظم تعمل دائما دون التقيد بظروف المناخ وتسمى المرئيات في هذه الحالة مرئيات الرادار Radar Image وتكون رقمية Digital على شرائط ممغنطة وتحتاج الى نظم آلية لقراءتها وتفسيرها.

عناصر المرئيات الفضائية:

يمكن الاعتماد على مرئيات جهاز الاستشعار متعدد الأطياف MSS المتواجد على متن القمر الصناعي الأمريكي لاندسات كنموذج تحليلي لعرض عناصر المرئيات الفضائية، ففي حالة استشعار الأشعة الكهرومغناطيسية المنعكسة من ظاهرات سطح الأرض بواسطة جهاز ال MSS وذلك من خلال حركة دائمة للماسح في اتجاه عرضي على اتجاه مدار القمر الصناعي يتم مسح ستة مصفوفات في أطياف متعددة في نفس الوقت.

وعليه تحتوي كل مرئية (Szene) على ٢٣٤٠ مصفوفة ويكون حجم الوحدات المساحية Pixels ٧٩ x ٥٧ متر وتسجل قوة الأشعة التي يتم استشعارها على هيئة اشارات تحدد درجتها على تدريج قدره ٢٥٦ (٨ بت) أو ١٢٨ (٧ بت) ويتم تخزينها، ومن الملاحظ أن المرئيات تأخذ شكل

منحرف بدرجة تميل على خط الاستواء بقيمة ٩٨ درجة وذلك بسبب دوران الكرة الأرضية أثناء الاستشعار.

والمرئية الواحدة التي تغطي مساحة ١٨٥ x ١٨٥ كم يتم الحصول عليها في أنماط مختلفة مثل صورة مطبوعة أبيض وأسود لكل مجال طيفي منفصل ويحتوي على ٧,٨ مليون وحدة مساحية Pixels والتي اذا أدخل عليها تكبير يمكن رؤيتة تلك الوحدات المساحية بوضوح، ويمكن أيضا الحصول عليها على أفلام بحجم ٢٤١ ملم للمرئية الواحدة، كما يمكن الحصول على شرائط ممغنطة من NASA و NOAA و ESA.

مراحل انتاج مرئيات فضائية:

تتلخص المراحل في الآتي:

أ) جمع البيانات (عملية الاستشعار) Data acquistion:

يتم جمع البيانات من خلال عملية استشعار مصفوفات عرضية على اتجاه مدار القمر الصناعي تسمى خطوط الماسح Scan Line بطول ١٨٥ كم على سطح الأرض Ground swath.

ب) تقدير البيانات على سطح الأرض Spatial sampling:

يتم استشعار عناصر سطح الأرض على هيئة نطاقات مساحية أرضية Ground spots بقطر ٧٩ متر بصورة متوالية على امتداد خط الماسح بفارق مسافة ٥٦ متر.

ج) شكل البيانات على المرئية Data format:

من حيث المبدأ يتناظر شكل المرئية مع شكل المنطقة التي تحتويها وذلك من ناحية الأبعاد الطولية والعرضية والتي سبق ذكرها (١٨٥ x ١٨٥ كم) ولكن هناك اختلاف في انحراف الشكل قليلا بسبب دوران الكرة الأرضية أثناء عملية الاستشعار، فعندما يستشعر القمر الصناعي منطقة ما في اتجاهه من الشمال الى الجنوب تدور الأرض من الغرب الى الشرق مما يحدث انحراف مستمر في اتجاه مدار القمر حول الأرض بدرجة ميل ٩٨ درجة عند خط الاستواء مما يتسبب عليه أيضا انحراف في خطوط الطول ودوائر العرض بالنسبة لأبعاد المرئية

د) تهيئة البيانات Data formatting:

يتم ترتيب النطاقات المساحية Ground spots لكل مرئية والتي يطلق عليها Picture Elements "Pixels" على هيئة مصفوفات طولية وعرضية بصورتها المنحرفة الى الجنوب الغربي.

هـ) اعادة تهيئة البيانات Data resampling or Data reformatting:

يتم في هذه الحالة اعادة توزيع قراءات الوحدات المساحية Pixels على وحدات مربعة صغيرة Raster أو Square pixels وذلك لتسهيل التعامل معها، وتكون المرئية بذلك صالحة للقراءة (شكل ٤٧)، وبذلك تحتل كل مرئية ٢٥٠٠ مصفوفة عرضية x ٣٥٠٠ عمود طولي، ويضاف على جوانب المرئية بيانات تعريفية مثل رقم القمر الصناعي، ورقم الأرشيف، المجال الطيفي، تاريخ الاستشعار، تاريخ التهيئة للمرئية، احداثيات وسط المرئية، تسامت الشمس أو درجة ميل الشمس، ورقم المرئية في سجلات NASA، ودوائر العرض وخطوط الطول بالاضافة الى تدرج اللون الرمادي.

أنظر شكل (٤٧) لتفسير البيانات الآتية:

-- البيانات في أعلى المرئية:

بيانات مركز المعالجة "DFVLR" ؛

تدرج اللون الرمادي؛

رقم المجال الطيفي من جهاز الاستشعار MSS وهو "KNR$"؛

رمز تعريف مركز معالجة المرئية؛

تاريخ الاستشعار؛

رقم القمر الصناعي؛

رقم الأرشيف؛

خط الطول الجغرافي (λ).

-- البيانات في أسفل المرئية:

بيانات مؤسسة NASA؛

الاحداثيات الجغرافية (λ ، θ) لمركز المرئية؛

رقم مدار القمر الصناعي؛

تاريخ الاستشعار؛

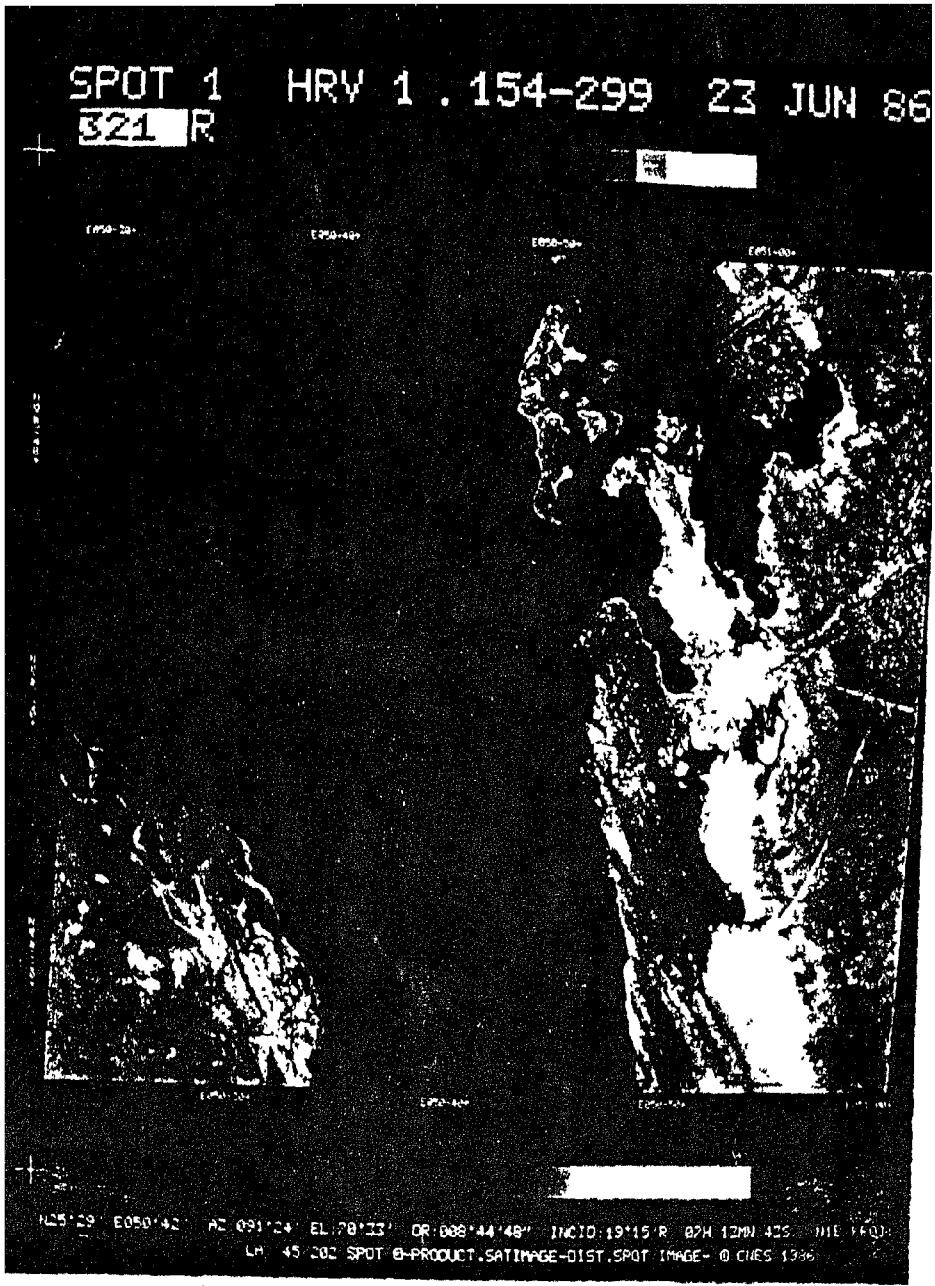
ارتفاع الشمس؛

تسامت الشمس؛

رقم تسجيل المرئية في المؤسسة.

-- البيانات في جانب المرئية:

الاحداثيات الجغرافية العرضية والطولية.



شكل (٤٧): نموذج لمرئية فضائية من لاندسات مع البيانات التفسيرية

مواصفات مرئيات القمر الصناعي الفرنسي SPOT :

يمكن الحصول على مرئيات القمر الصناعي في أنماط مختلفة مثل كاسيت قابل للقراءة بالحاسب الآلي Computer compatible tape أو مطبوعة Hard copy على ورق أو شفافيات.

يعتمد نظام ترتيب مرئيات سبوت على عنصرين هما مدار القمر ونوعية جهاز الاستشعار، ففي أقمار سبوت يوجد نظامان للاستشعار Sensors متجاوران ويعملان مستقلين، حيث يحتل كل منهما نطاق استشعار بعرض ٦٠ كم ويتحرك ٤٥ حركة بدرجة مابين ٠,٦ - ٢٧ درجة جانبيا، وعندما يعملان معا بشكل متوازي فانهما يغطيان نطاق عرضه ١١٧ كم مع تداخل قدره ٣ كم، وعليه فان كل مرئية تحتل أبعاد ٦٠ x ٦٠ كم وذلك في الوضع العمودي للاستشعار، وفي حالة الميل للاستشعار تصل الى ٨٥ x ٨٥ كم، ويتم استشعار مرئيتين كل ٩ ثواني.

ويعتمد نظام ترتيب المرئيات (Reference Grid = Grille de re'fe'rence Spot) على الاستشعار العمودي للمرئيات والتي يتم ترتيب المرئيات بأرقام الأعمدة الطولية (K) مابين ١ - ٧٣٨ وأرقام الخطوط الأفقية (J) مابين ٢٠٠ - ٥٠٠ وذلك مابين دوائر العرض ٧٢ درجة شمالا وجنوبا.

نظم تحديد المراقع على سطح الأرض Global Positioning Systems (GPS) :

تعتبر البيانات التي يتم الحصول عليها بواسطة أقمار الملاحة وتحديد المواقع على سطح الأرض Navigation Satellite والمسماه GPS-Satellite من أهم المصادر المعلوماتية التي تعتمد عليها نظم المعلومات الجغرافية في الوقت الحاضر.

لقد اهتمت الحكومة الأمريكية متمثلة في وزارة الدفاع والمؤسسة الأمريكية لشئون الملاحة منذ عام ١٩٧٣ بتطوير نظم الملاحة وتحديد المواقع على سطح الأرض بواسطة الأقمار الصناعية والتي وصل عدد الأقمار لهذا الغرض الى ٢٤ قمر صناعي تتيح البث المباشر لمدة ٢٤ ساعة دون التقيد بظروف الطقس، حيث تصل دقتها الأرضية الى مابين ١ - ١٠ متر بل أيضا عند توفر متطلبات خاصة تتيح دقة تصل الى سنتيمترات قليلة.

ولم تقتصر فوائد هذا النوع من الأقمار على الأغراض العسكرية والملاحية فحسب، ولكن أيضا يمكن المستخدمين المدنيين من الاعتماد عليها في أبحاثهم الحقلية بواسطة أجهزة يدوية سهلة النقل والتي تتيح الآتي:

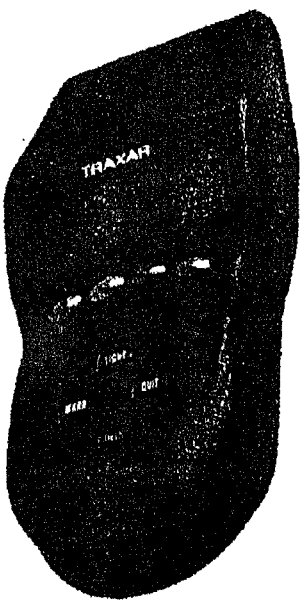
الاحداثيات الجغرافية للمواقع؛
ارتفاعات المواقع بالنسبة لمستوى سطح البحر؛
الاتجاه والسرعة للظاهرات على سطح الأرض؛
المسار الخطي الى مركز الهدف المراد الوصول اليه؛
تقدير وقت الوصول الى الهدف؛
انحرافات وانحناءات المسار؛
نوع القمر الصناعي وبياناته؛
توقيت وقت العمل؛
تاريخ العمل؛
... الخ ..مثل التوجيه بواسطة عبارات نصية مختصرة.

وعليه تعتبر نظم تحديد المواقع على سطح الأرض GPS في غاية الأهمية للمجالات التي تعتمد على ضرورة تحديد المواقع والسرعات والاتجاهات والتوقيت للظاهرات الساكنة والمتحركة، وتأتي المجالات التالية في مقدمة التطبيقات المتقدمة التي تستفيد من نظم ال GPS :

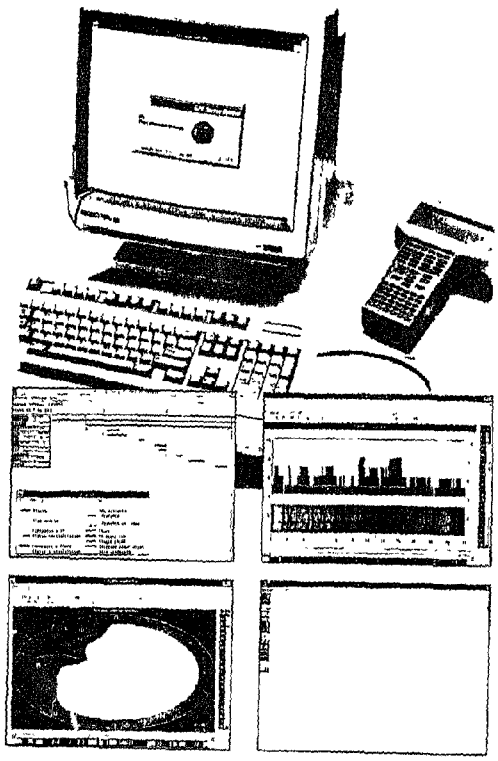
أ) رياضة الجبال:

تتسم رياضة تسلق الجبال بالخطورة الكبيرة وكذلك رياضة التجوال فوق الجبال العالية كجبال الألب، لذلك يعتمد العديد من هواة هذه الرياضات على أجهزة ال GPS في التوجيه والاهتداء

وقياس الارتفاعات المختلفة وخاصة في تلك المناطق التي تندر في الخرائط الطبوغرافية، وتساعدهم أيضا في الاهتداء الى مراكز الخدمات المتواجدة فوق سطوح الجبال دون التقيد بظروف الطقس وتشير خبرة مرتادي الجبال الى الاستخدام الناجح لمثل هذه النظم ومنها جهاز تراكسر Traxar (شكل ٤٨) الذي يحتوي على ٦ قنوات للاستقبال.



شكل (٤٨): جهاز تحديد المواقع Traxer

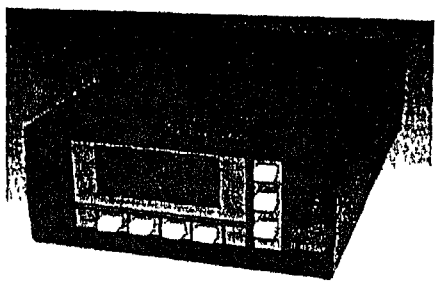


شكل (٤٩): نمط لشبكة ال GIS مع الGPS

ب) الملاحة البحرية والجوية:

تستخدم حاليا أنظمة ال GPS بنجاح كبير في مجال الملاحة البحرية والجوية، حيث أعتمد رسميا في الولايات المتحدة الأمريكية قرار السماح باستخدام هذه النظم للمدنيين في أغراض الملاحة الجوية والبحرية وانشاء محطات ارشاد وتوجيه لأنظمة ال GPS على السواحل البحرية للحصول على دقة تصل أمتار قليلة ومن أهم الأنظمة في هذا المجال هو نظام GARMIN GPS155

(شكل ٥٠).



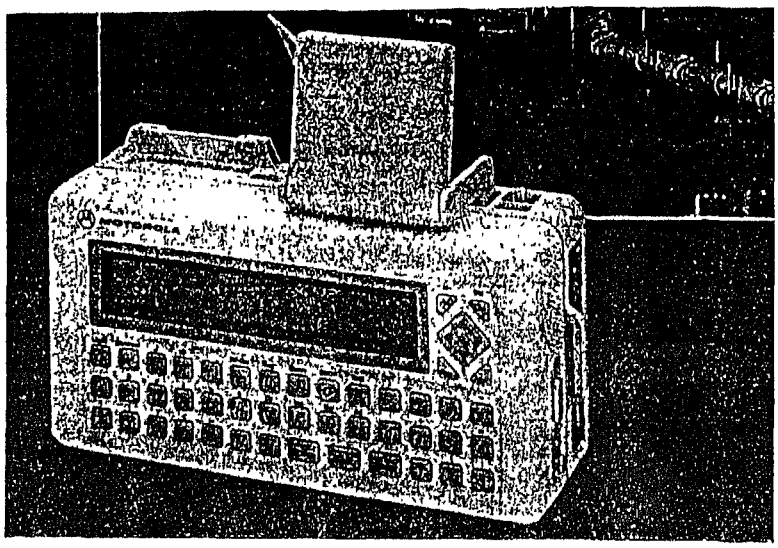
شكل (٥٠): جهاز تحديد المواقع من نوع Garmin GPS ١٥٥

ج) تحديد وتوجيه المركبات (السيارات) Vehicle tracking :

يعتبر هذا المجال من أهم المجالات التطبيقية لأنظمة ال GPS وذلك لما تتيحه من توجيه قيادة المركبات في الطرق الصحيحة وخاصة تلك السيارات التي تحتاج السرعة مثل الاسعاف والشرطة والمطافىء، هذا الى جانب امكانية تحديد مواقع سيارات أو مركبات تتواجد فيها نظم ال GPS وذلك في محطات أو مراكز مراقبة على أجهزة حاسوب بواسطة خرائط الكترونية للمناطق، فمثلا يمكن تحديد مواقع مركبات داخل مدينة كبيرة على خريطة متواجدة على شاشة الحاسوب في محطة المراقبة أو مواقع مركبات تتجول في الغابات، ويطلق على هذا النوع من الأجهزة اسم Geo-locator وهو أحد سلسلة نظم Geo-line كما أنه يمكن بواسطة هذه الأجهزة ادخال معلومات وصفية وكمية وتخزينها على كروت خاصة من نوع PCMCIA Memory Cards وذلك تمهيدا لقراءتها بواسطة نظم المعلومات الجغرافية على أجهزة الحاسوب.

د) مجال حصر المعلومات الجيولوجية:

تساهم نظم ال GPS في حصر المعلومات الجيولوجية وذلك بتسجيل بيانات حول الارتفاع التضاريسي، اتجاه الطبقات، سمك الطبقات، امتداد طولي وعرضي للطبقات المختلفة، حيث يمكن تخزينها وقراءتها بأجهزة الحاسوب فيما بعد أو ارسالها مباشرة Real- time بواسطة أجهزة ال GPS والمسماه Motorola LGT 1000 والتي تعطي دقة تتراوح مابين ١ – ١٠ متر
(شكل ٥١).

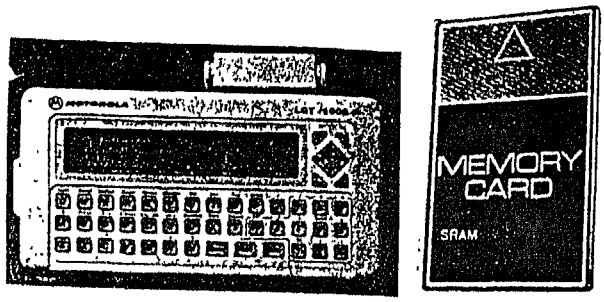


شكل (٥١): جهاز تحديد المواقع من نوع Motorola LGT ١٠٠٠
والذي يستخدم بجودة في حصر المعلومات الجيولوجية

هـ) نظم ال GPS في مجال نظم المعلومات الجغرافية:

تمثل نظم ال GPS وسيلة جمع وحصر معلومات في مجالات علمية مختلفة وذلك للمساهمة في تصميم قواعد معلومات بأسرع وسيلة ممكنة وعلى درجة عالية من الدقة، وتمثل قواعد المعلومات التي يتم اعدادها في هذه الحالة عنصر هام في انجاح نظم المعلومات الجغرافية والتي تعتمد على المعلومة من حيث نوعيتها، كميتها، موقعها على سطح الأرض.

وعليه فان أجهزة ال GPS وخاصة المعروفة باسم Motorola LDT 1000 هى أنسب النظم وخاصة لما تتيحه من مخرجات معلوماتية (ملفات Output-files) صالحة للقراءة في نظم عديدة لنظم المعلومات الجغرافية مثل ERDAS , ARC/INFO وأيضا نظم التصميم بمساعدة الحاسب المشهورة باسم أوتوكاد Autocad وهى مخزنة على كارت ذاكرة Memory Card قابل للقراءة مباشرة بأجهزة الحاسوب الشخصية وملحقاتها (شكل ٥٢).



شكل (٥٢): جهاز تحديد المواقع من نوع Motorola LDT١٠٠٠ مع كارت ذاكرة

ومن هنا اتسع استخدام هذه الأجهزة في المجالات التطبيقية المختلفة والتي تحتاج في الأساس الى بحث ميداني Field work مثل:

الهندسة المعمارية؛

هندسة الجبال؛

الطبوغرافيا؛

علم البيئة؛

هندسة المساحة؛

الجيولوجيا الفنية؛

حصر المعلومات البيئية؛

اقتصاديات الغابات والأخشاب؛

هندسة أنابيب الخدمات؛

اقتصاديات الزراعة والمياة؛

وتخطيط خطوط الخدمات.

و) مجال الاحصاء والتعداد السكاني:

بالرغم من أن نظم ال GPS لم تأخذ دورها الحقيقي بعد في مجال الاحصاء والتعداد السكاني، الا أنه ليس من المستبعد أن تحتل قريبا دورا أساسيا في حصر التعداد السكاني لكل مبنى أو وحدة عمرانية باستخدام النظم المعروفة باسم Geo-line وتخزينها أو بثها مباشرة الى أجهزة الحاسوب المركزية، ويتوفر اليوم برامج يطلق عليها اسم Post-processing software والتي تحتوي على مجموعة من الوسائل Tools يمكن بواسطتها حصر وتخزين التعدادات السكانية على الأسس التالية:

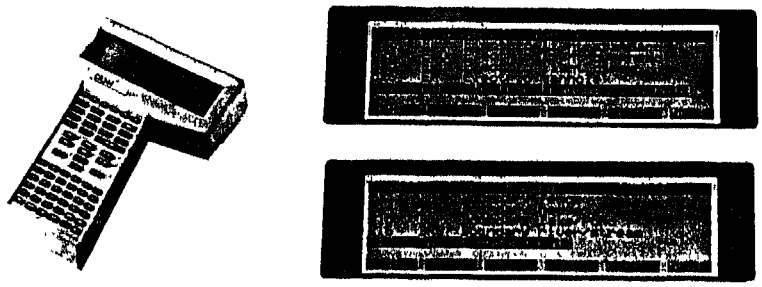
الاحداثيات الجغرافية لموقع الوحدة العمرانية؛

ارتفاع الوحدة العمرانية (ارتفاع الدور مثلا)؛

عدد الأفراد؛

تصنيف نوعي للأفراد.

وذلك دون الحاجة الى اعداد استمارات استبيان أو اتباع طرق التعداد التقليدية، والجدير بالذكر أن أجهزة ال GPS تم استخدامها في مدينة سالزبورج بالنمسا في مجال التعداد السكاني وذلك من خلال شاشات سهلة التعامل لاتحتاج الى وقت طويل في التدريب، كما أنها وفرت دقة وصلت الى سنتيمترات قليلة ومخرجات البيانات على هيئة ملفات من نوع ARC/INFO & ASCII files تم فيمابعد استخدامها مباشرة في نظم المعلومات الجغرافية (شكل ٥٣).



شكل (٥٣): جهاز تحديد المواقع من نوع Leica CR 344
والشاشات التي يتحها لحصر المعلومات الحقلية

ب) المعلومات البيئية Environmental data:

عند تصميم نظم المعلومات الجغرافية يتطلب الأمر الالمام بالمعلومات البيئية التي تحدد شخصية المكان الجغرافية وما يتعلق بذلك من مؤثرات بشرية وطبيعية، فمثلا عند اعداد نظام معلومات جغرافي عن التركيب السكاني لاقليم ما، يتطلب الأمر منا الالمام بالموضوعات الآتية:

-- الظروف الطبيعية التي تسود في الاقليم من جفاف وتساقط والموارد الطبيعية التي تؤمن الاستقرار السكاني لارتباطها بنمط الاستفادة أو استغلال تلك الموارد بالاقليم.

-- النفوذ البشري في الاقليم وسبل استغلال الانسان للبيئة المحيطة به.

-- الظهير الطبيعي والبشري للاقليم ومدى التأثر والتأثير بينهما وخاصة الهجرة اليومية أو المؤقتة أو الدائمة ومدى أثر كل منها على التركيب السكاني بالاقليم.

-- الملامح الاقتصادية والنشاطات السكانية ومدى تأثيرها على التركيب السكاني.

-- طبيعة المعمار بالاقليم وتوزيع السكان في الوحدات المعمارية.

-- الجغرافية الطبيعية بالاقليم والأوبئة والحشرات المتوطنة وأثرها على صحة السكان وعلى فئات العمر المختلفة والتي بدورها قد تؤثر مباشرة على التوازن في التركيب السكاني للاقليم.

-- الملوثات البيئية المختلفة على مستوى الهواء والماء واليابس ومدى أثرها على الاستقرار السكاني بالاقليم.

ج) المعلومات المساحية والهندسية:

ترتبط عملية نجاح نظم المعلومات الجغرافية بالمعلومة من حيث نوعيتها، درجة دقتها، ودقة مطابقتها مع الاحداثيات الجغرافية لموقعها على سطح الأرض.
وتلعب المعلومات المساحية بأنواعها الأرضية والجوية والفضائية دورا بارزا في تصميم واعداد نظم المعلومات الجغرافية، فالقياسات والمساحات والمواصفات العددية للظواهر الجغرافية المختلفة من حيث الامتداد والاتساع والارتفاع الى جانب ربطها بموقعها الجغرافي الحقيقي على سطح الأرض هى احدى متطلبات نظم المعلومات الجغرافية.
وعليه يتوكب علينا تحديد المحاور المعلوماتية المساحية والهندسية التي تتطلبها نظم المعلومات الجغرافية بغرض تبسيط المهمة على المبتدئين في اعداد وتصميم نظم المعلومات الجغرافية وهذه المحاور هى:

١) نظم الاحداثيات :

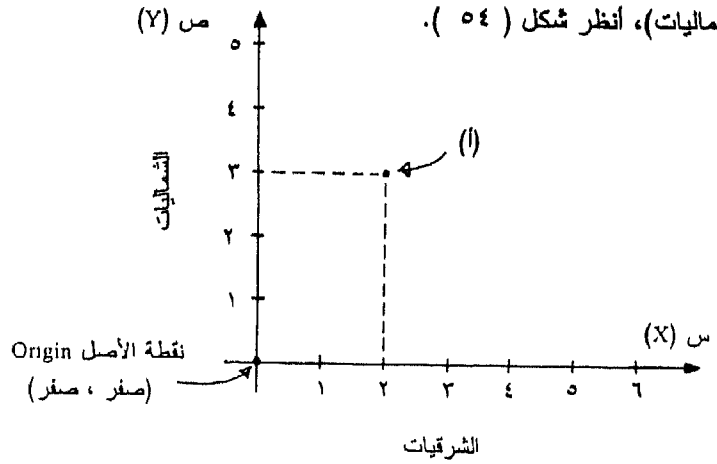
يعتبرالالمام بنظم الاحداثيات المختلفة كالاحداثيات الجيوديسية، والاحداثيات الرياضية، والاحداثيات الوطنية (القومية)، والاحداثيات الجغرافية الحقيقية من الأمور العلمية الهامة في مجال نظم المعلومات الجغرافية، وذلك لتسهيل التعامل مع المواقع الحقيقية للمعلومات وطرق التغيير من لظام احداثي الى آخر والالمام بالتغيرات التي يمكن أن تطرأ على شكل الظواهر الجغرافية نتيجة تغيير النظام الاحداثي.
وتتنوع نظم الاحداثيات الى نمطين هما:
-- الاحداثيات المستوية؛
-- والاحداثيات الكروية.

ويمكن عرض تفاصيل كل نوع في الآتي:

الاحداثيات المستوية:

يطلق عليها أيضا اسم احداثيات كارتسيان Cartesian Coordinates كما تسمى أحيانا باسم الاحداثيات الرياضية، والتي تعتمد على وجود احداثيتين أحدهما السينية (س) أو (X) والأخرى الصادية (ص) أو (Y) يلتقيان عند نقطة يطلق عليها نقطة الأصل للنظام الاحداثي Origin والتي تحتل قيمة " صفر" في الاتجاهين.

تأخذ الاحداثية السينية اتجاه أفقي نحو الشرق لذلك يطلق على النقط التي تقع على امتدادها اسم (الشرقيات) أما الاحداثية الصادية فتأخذ اتجاه رأسي نحو الشمال ويطلق على النقط التي تقع على امتدادها اسم (الشماليات)، أنظر شكل (٥٤).



شكل (٥٣): مكونات النظام الاحداثي المستوي

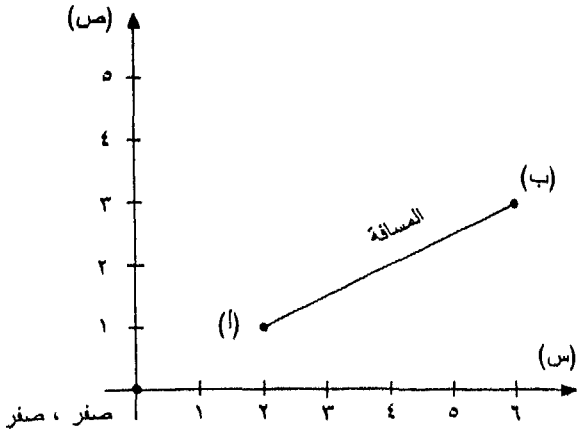
وعند قراءة احداثيات النقط يكون ذلك أولا بقراءة قيمة الشرقيات المقابلة على الاحداثية السينية ثم قيمة الشماليات المقابلة على الاحداثية الصادية. وفي الشكل يتضح أن احداثيات النقطة (أ) هي (٣،٢).

وتستخدم نظم الاحداثيات من هذا النوع في قياس المسافات بين نقطتين معلوم احداثياتهما وذلك بطرق رياضية عديدة مثل:

- طريقة فيثاغورث:

تعتمد هذه الطريقة على المسافة المستقيمة بين نقطتين (أ) واحداثياتها (س١ ، ص١) والنقطة (ب) واحداثياتها (س٢ ، ص٢) بالمعادلة الآتية:

مربع المسافة بين أ،ب = (س١-س٢) + (ص١-ص٢)



ويمكن حسابها من الرسم شكل ( ) :

(المسافة) = (٢-٦) + (١-٣)

= (-٤) + (- ٢)

= ١٦ - ٤ = ٢٠

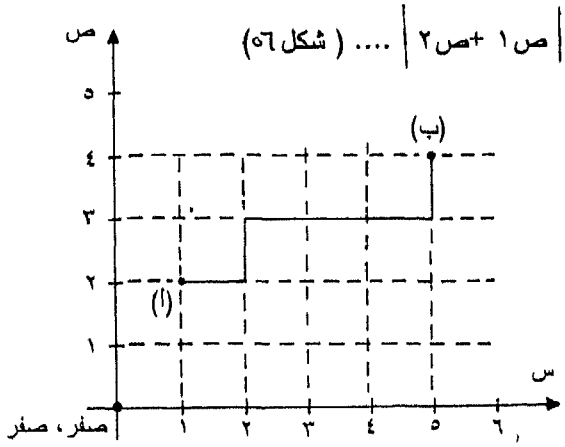
المسافة = $\sqrt{٢٠}$ = ٤,٥ سم.

شكل (٥٥): طريقة فيثاغورث لحساب المسافات بين النقاط

- طريقة مانحاتن المترية:

وفيها يعتمد على حساب أجزاء الخط المتوازية مع الاحداثية السينية والصادية ويجمعها معا وذلك بالمعادلة:

المسافة = | س١ - س٢ | + | ص١ +ص٢ | .... (شكل ٥٦)



شكل (٥٦): طريقة منحاتن المترية لحساب المسافة بين النقط

وفي حالة عدم توازي الخطوط فان هناك بالتأكيد نسبة خطأ كبيرة تصل الى ٤١٪ .

- طريقة حساب المسافات على اعتبار أنها محيط المساحات:

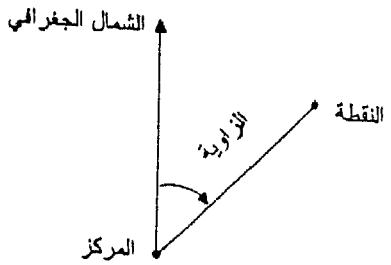
وهذه الطريقة تعتمد على استخدام الخيط لتمريره على محيط المساحة الا أنه اذا كانت المساحات تتسم بوجود تعاريج كبيرة في محيطها فان ذلك يترتب عليه وجود صعوبات كبيرة في حساب المساحة الحقيقية .

وتستخدم الاحداثيات المستوية " كارتسيان" في مجال الخرائط القومية أو الوطنية كبيرة ومتوسطة المقياس، حيث تعتبر كل دولة أن هناك نقطة وهمية كنقطة أصل Origin للنظام الاحداثي يمكن أن تقع خارج حدود الدولة ذاتها بحيث تقع جميع مساحات وأقاليم الدولة داخل نطاق الشرقيات والشماليات، فمثلا في دولة قطر تقع النقطة داخل الأراضي السعودية بالقرب من مدينة الاحساء ، ومن تلك النقطة يبدأ ترقيم النظام الاحداثي للدولة في اتجاه الشرقيات والشماليات بحيث تقع جميع الجزر في غرب البلاد داخل هذا النطاق .

وفي جمهورية مصر العربية تقع النقطة عند جبل العوينات في الركن الجنوبي الغربي للبلاد.

- نظم الاحداثيات المستوية (المركزية) أو القطبية Polar coordinates:

هى تلك النظم التي تعتمد على اتجاه الشمال الجغرافي ونقطة مركزية، حيث يتم تحديد المسافات بالاعتماد على جيب وجيب تمام الزاوية الواقعة بين الخط الواصل من المركز الى نهاية الخط المطلوب حساب مسافته ونقطة الأصل (المركز)، (شكل ٥٧).



شكل (٥٧): رسم تخطيطي لفكرة نظم الاحداثيات المركزية

وتستخدم هذه الطريقة في تطبيقات عديدة بمجال الخرائط وأهمها في مجال الدراسات الاحصائية بالمدن لتحديد قياسات بين مركز ما وليكن مركز تجاري أو صحي أو صناعي داخل مدينة ما، وتستخدم أيضا في مجال اجراء قياسات أرضية بأجهزة المساحة الأرضية، وكذلك في مجال استخدام أجهزة الرادار لرصد حركة المرور، أو ظاهرات ديناميكية أخرى.

ويمكن تحويل هذا النوع من الاحداثيات الى الاحداثيات السينية والصادية كالآتي:

س = نق X جيب الزاوية

ص = نق X جيب تمام الزاوية

حيث ان نق = $\sqrt{(س^2 + ص^2)}$

والزاوية = القوس س/ص

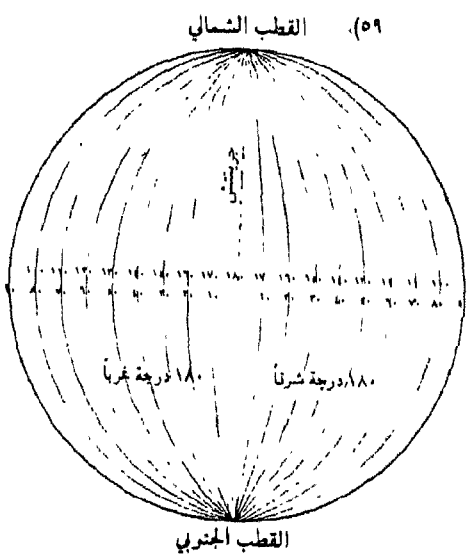
وتعتمد نظم المعلومات الجغرافية التي تهتم بالتوجية والملاحة على هذا النوع من الاحداثيات.

ب) نظم الاحداثيات الكروية Global coordinates :

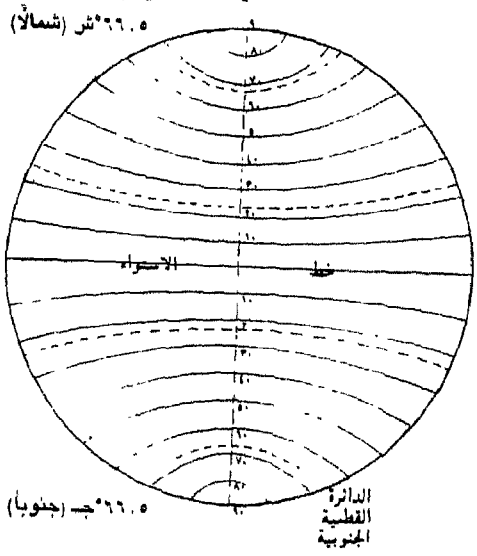
تعتمد هذه النظم على خطوط الطول ودوائر العرض الوهمية لسطح الكرة الأرضية، والتي تم الاتفاق عليها عالميا في نهاية القرن الماضي بغرض توحيد نظم الاحداثيات الجغرافية على الخرائط لتسهيل عملية تبادل الخرائط بين الدول.

حيث قسمت الكرة الأرضية الى خطوط طولية تمر بالقطبين الشمالي والجنوبي بعدد ٣٦٠ خط كل منها يقابل درجة طولية واحدة، وذلك الى نصفين أحدهما النصف الشرقي ويحتوي على ١٨٠ خط طول والآخر النصف الغربي ويحتوي أيضا على ١٨٠ خط طول، ويبدأ الترقيم من خط جرينتش الذي يحتل رقم صفر ويطلق على هذا الخط اسم خط التقسيم الدولي Meridian ومنه يتم الترقيم للخطوط من ١ – ١٨٠ شرقا، ١ – ١٨٠ غربا (أنظر شكل ٥٨)، وعليه فان الخطوط التي تنتج عن هذا التقسيم يطلق عليها اسم خطوط الطول.

وقد تم تقسيم الكرة الأرضية الى نصفين أحدهما شمالي ويحتوي على ٩٠ خط أو دائرة عرض، والآخر جنوبي ويحتوي أيضا على ٩٠ خط أو دائرة عرض، يفصلهما خط الاستواء الذي يحتل الترقيم صفر وتسمى الخطوط أو الدوائر التي تنتج عن هذا التقسيم إسم "دوائر العرض" مع ملاحظة أن خطي رقم ٩٠ شمالا وجنوبا يعتبران نقط تمثل القطبين الشمالي والجنوبي (أنظر شكل ٥٩).



شكل (٥٨): تقسيم الكرة الأرضية الى خطوط طول



شكل (٥٩): تقسيم الكرة الأرضية الى دوائر عرض

ويطلق على الدوائر التي تحيط بشكل الكرة الأرضية الكروي اسم الدائرة العظمى Greate circle والتي تستخدم في قياس المسافات على سطح الكرة الأرضية بين نقطتين.

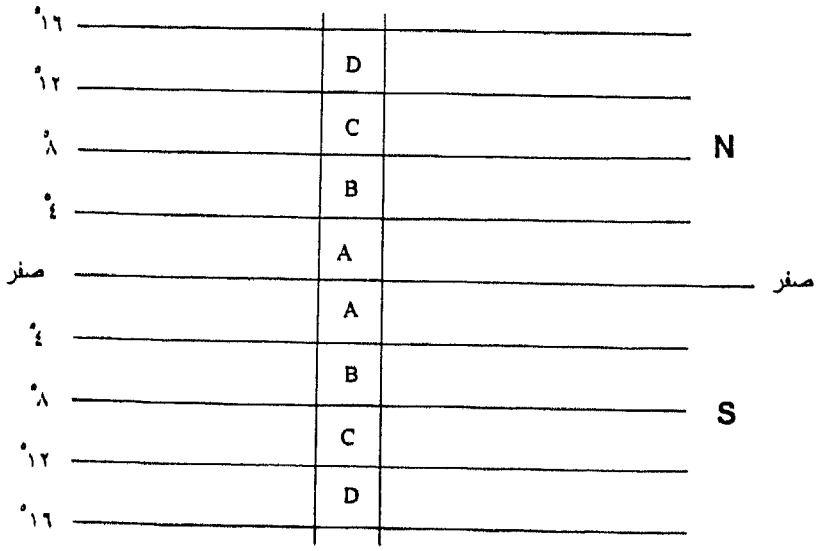
وتعتمد معظم نظم الاحداثيات الجغرافية التي تهتم بالخرائط صغيرة المقياس لمساحات كبيرة على هذا النوع من الاحداثيات والتي يطلق عليها الاحداثيات الجغرافية الحقيقية أي احداثيات المواقع بالنسبة لسطح الأرض الكروي الحقيقي على هيئة قراءات لخطوط الطول ودوائر العرض، كما تعتمد نظم تحديد المواقع GPS سابقة الذكر على هذا النوع من الاحداثيات.

٢) نظم ترتيب الخرائط العالمية:

نظرا لضرورة تحقيق التبادل الدولي للخرائط عقد في عام ١٩٠٨ مؤتمرا دوليا للخرائط بهدف وضع نظام دولي ثابت لترتيب الخرائط الطبوغرافية بمقياس رسم ١:١,٠٠٠,٠٠٠ ومشتقاته، حيث أتبع اسلوب محدد لترتيب الخرائط والذي يمكن عرضه في الأتي:

--- تحديد موقع الخريطة الطبوغرافية بالنسبة لخط الاستواء؛ حيث تميز جميع الخرائط التي تقع الى الشمال من خط الاستواء بالحرف N كرمز للشمال (North) كما تميز الخرائط التي تقع جنوب خط الاستواء بالحرف S كرمز للجنوب (South) .

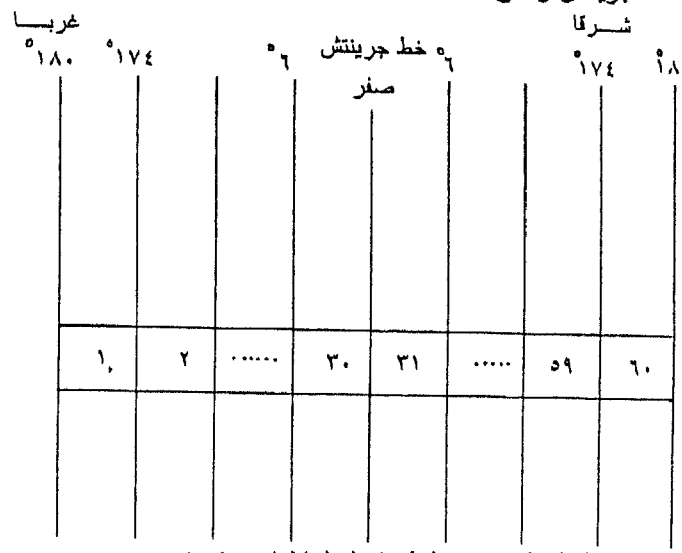
--- تحديد موقع الخريطة بالنسبة لدوائر العرض المختلفة؛ حيث تم تقسيم خطوط العرض الى شرائح بحيث تضم كل شريحة ٤ درجات عرضية، ويرمز لكل شريحة بحرف هجائي من الحروف الابجدية الانجليزية الكبيرة Capital letters بدأ من حرف A اعتبارا من خط الاستواء شمالا وجنوبا (أنظر شكل ٦٠).



شكل (٦٠): رسم تخطيطي لدوائر العرض الى لوحات

ومن الشكل (٦٠) فان الشريحة NA هى التي تشمل المنطقة من خط عرض صفر (الاستواء) حتى خط عرض ٤ درجة شمال خط الاستواء؛ والشريحة SA تشمل المنطقة التي تقع بين خط عرض صفر (الاستواء) وخط عرض ٤ درجة جنوب خط الاستواء.

-- تحديد موقع الخريطة بالنسبة لخطوط الطول؛ تم تقسيم خطوط الطول الى شرائح بحيث تضم كل شريحة ٦ درجات طولية، وادرج الى كل شريحة رقم مسلسل، فالشريحة التي تحتل رقم ١ هى التي تبدأ من خط الطول ١٨٠ درجة غربا وحتى خط طول ١٧٤ درجة غربا، بحيث تقع الشريحة رقم ٣٠ مابين خط طول ٦ درجة غربا وخط جرينتش، أي أن الشرائح التي تحتل الأرقام من ١ – ٣٠ تقع الى الغرب من خط جرينتش، وعليه فان الشرائح التي تحتل الأرقام من ٣١ – ٦٠ تقع الى الشرق من خط جرينتش وحتى خط طول ١٨٠ درجة شرقا (أنظر شكل ٦١).

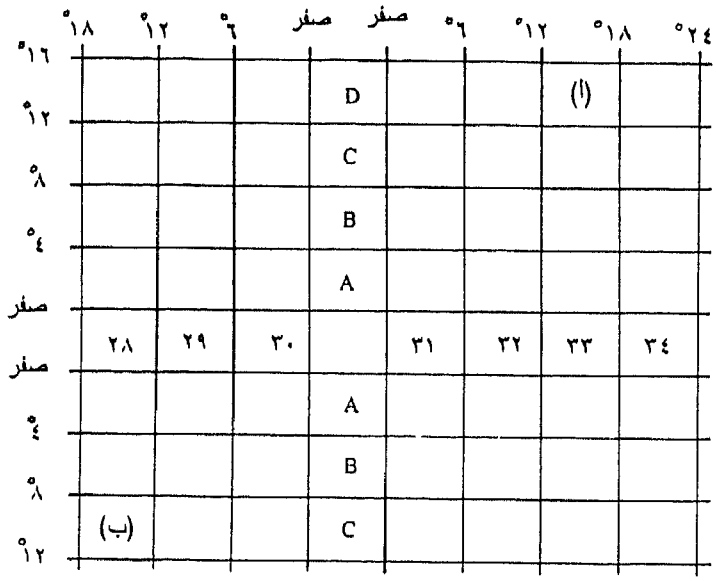


شكل (٦١): رسم تخطيطي لخطوط الطول في لوحات

وعندما نضع شكل (٦٠) فوق شكل (٦١) فاننا نحصل على النموذج المتكامل للترتيب الدولي للخرائط المليونية و المتمثل في شكل (٦٢) حيث يتبين لنا الاستنتاجات الآتية:

- تأخذ الشرائح أشكال مستطيلات يضم كل منها ٤ درجات عرضية و٦ درجات طولية.
- كل شريحة تمثل خريطة طبوغرافية بمقياس ١:١,٠٠٠,٠٠٠ .
- جميع الخرائط التي تقع شمال خط الاستواء تأخذ رمز N.
- جميع الخرائط التي تقع جلوب خط الاستواء تأخذ رمز S .
- تحتل الخريطة الأولى شمال أو جنوب خط الاستواء رمز A والتي تليها رمز B .

- جميع الخرائط التي تقع شرق خط جرينتش تحتل أرقام من ٣١ - ٦٠ .
- جميع الخرائط التي تقع غرب خط جرينتش تحتل أرقام من ١ - ٣٠ .
- تحتل الخريطة (أ) على الرسم رقم NF33 والخريطة (ب) رقم SD28 وهكذا... حيث يتم ترقيم الخريطة بأن يكتب أولا الحرف الدال على موقع الخريطة شمال أو جنوب خط الاستواء N أو S ، ثم يليه الحرف الدال على ترتيب الخريطة بالنسبة لدوائر العرض وهى الحروف التي تبدأ بالحروف .....A,B,C,D ، وأخيرا يضاف الرقم الذي يدل على موقع الخريطة بالنسبة لخطوط الطول .



شكل (٦٢): رسم تخطيطي للترتيب الدولي للخرائط بمقياس ١:١مليون

ولاستكمال الاستفادة من نظام الترتيب الدولي للخرائط الطبوغرافية تم تقسيم مقاييس الرسم الأخرى حسب الدول التالي:

مقياس الرسم	أبعاد الخريطة الواحدة	
	بالنسبة للطول	بالنسبة للعرض
١:١,٠٠٠,٠٠٠	٦ درجات	٤ درجات
١:٥٠٠,٠٠٠	٣ درجات	٢ درجة
١:٢٥٠,٠٠٠	درجة و ٣٠ دقيقة	درجة واحدة
١:١٠٠,٠٠٠	٣٠ دقيقة	٣٠ دقيقة
١:٥٠,٠٠٠	١٥ دقيقة	١٥ دقيقة
١:٢٥,٠٠٠	٧ درجات و٣٠ ثانية	٧ درجات و٣٠ ثانية

جدول (٦) يوضح أبعاد الخرائط الطبوغرافية في مقاييس الرسم المختلفة حسب الترتيب الدولي للخرائط .

٣) مساقط الخرائط:

تلعب مساقط الخرائط دورا فعالا في مجال نظم المعلومات الجغرافية، وخاصة في مخرجات الخرائط Map outputs، لذلك من المهم في هذا المنوال ادراج عرض مختصر حول أنواع المساقط وأسس اختيارها.

والمقصود من مساقط الخرائط أنها النظم الهندسية والرياضية التي تنتج من تحويل الشكل الكروي (البيضاوي) للكرة الأرضية الى الشكل المستوي لورقة الرسم، وينتج عن هذا الاسقاط حدوث تشويهات في شكل ورقة الرسم والتي تحتاج الى تعديلات هندسية لتغطية بعضها.

ومن المعروف أن الخريطة التي ترسم على سطح كروي تحقق أمورا أربع هي:

- الشكل الصحيح،
- المساحة الصحيحة،
- المسافات الصحيحة،
- الاتجاهات الصحيحة.

ولكي نحقق واحدا أو أكثر من هذه الأمور الأربعة عند رسم الخريطة على سطح مستو ابتكرت المساقط، والتي تأخذ أنماطا مختلفة حسب طبيعة الاسقاط كالآتي:

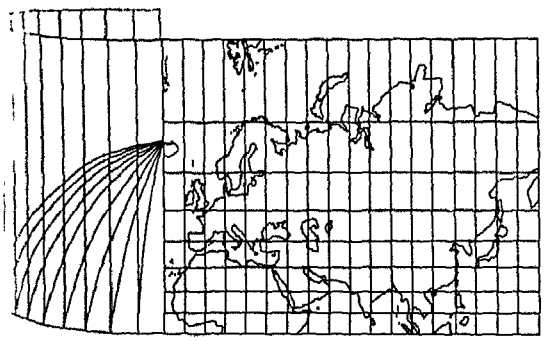
- المساقط الاسطوانية Cylinderical projection:

وفكرة هذه المساقط تفترض أن هناك شكلا اسطوانيا يمثل ورقة الرسم المراد اسقاط الشكل الكروي للأرض عليها يتلامس مع سطح الأرض الكروي، حيث ينتج عن هذا التلامس تكوين

شبكة من الخطوط الطولية والعرضية المستقيمة، حيث يحقق المساحات المتساوية ويستخدم في تمثيل المناطق الاستوائية فقط وذلك لأنه يحدث تشويهات واضحة على المسافات كلما ابتعدنا عن خط الاستواء، ,اشهر المساقط لهذا النوع هو مسقط ميركاتور Mercator projection والذي قام بتصميمه في عام ١٥٦٩م ويمتاز المسقط (شكل ٦٣) بالجوانب الآتية:

- يحقق الاتجاهات المتساوية بسبب تعامد خطوط الطول ودوائر العرض معا،
- يحقق مزايا الاتجاهات والمساحات والمسافات والأشكال الحقيقية عن خط الاستواء،
- تظهر خطوط الطول ودوائر العرض مستقيمة،
- تتساوى المسافات بين خطوط الطول، بينما تتزايد بين دوائر العرض كلما ابتعدنا عن خط الاستواء،
- يستخدم في مجال خرائط الملاحة البحرية والجوية لأنه يحقق الاتجاهات المتساوية على خريطة العالم.

وتعتمد الخرائط الطبوغرافية على المساقط الاسطوانية.



شكل (٦٣): مسقط ميركاتور الاسطواني

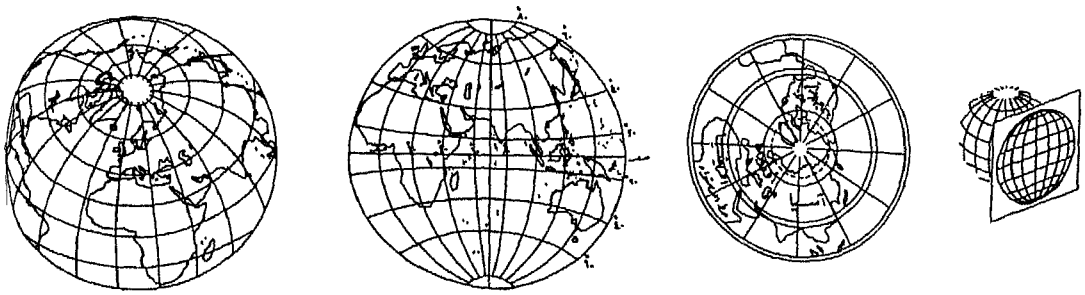
- **المساقط المستوية أو السمتية Azimuthal projections:**

يتكون هذا النوع من المساقط عند تلامس سطح مستوي يمثل ورق الرسم لسطح الأرض الكروي، حيث ينشأ عن هذا التلامس مساقط سمتية تختلف في شكلها حسب نقطة التلامس، فهناك المساقط الاستوائية نقطة تلامسها عن خط الاستواء، والمساقط المائلة نقطة تلامسها فيمابين القطبين، والمساقط القطبية نقطة تلامسها عند أحد القطبين الشمالي والجنوبي.

ومن أهم خصائص هذا النوع من المساقط (شكل ٦٤) الأتي:

- جميع الخطوط الطولية والعرضية تمثل أجزاء من دوائر عظمى تحيط بالأرض،
- تظهر دوائر العرض على هيئة دوائر تحيط بمركز الاسقاط أي مركز الخريطة،
- تظهر خطوط الطول مستقيمة تبدأ من مركز الاسقاط،

- تزيد المسافات بين خطوط الطول ودوائر العرض كلما بعدنا عن مركز الخريطة،
- يحتاج الى تعديلات رياضية لتمثيل المساحات الحقيقية للقارات.



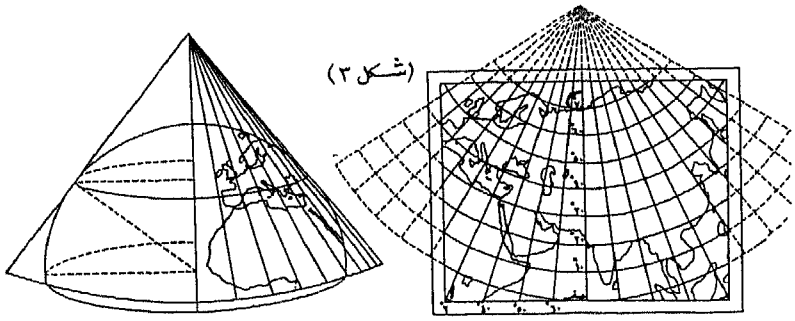
شكل (٦٤): المساقط المستوية أو السمتية

- المساقط المخروطية Conical projection:

هى حالة وسط بين المساقط الاسطوانية والمساقط المستوية، والتي تستخدم في حالة رسم مناطق تقل مساحتها عن نصف الكرة الأرضية، وتنتج من تلامس ورقة الرسم مخروطية الشكل لسطح الكرة الأرضية، ومن أشهرها المسقط المخروطي البسيط (شكل ٦٥).

ويمتاز المسقط المخروطي البسيط بالآتي:

- يحقق المسافات الحقيقية على خطوط الطول، أما بالنسبة لدوائر العرض فتقتصر على دائرة عرض التلامس مع سطح الأرض الكروي،
- تتلاقي خطوط الطول ودوائر العرض بزوايا قائمة،
- تقل التشويهات في الشكل والمساحة والمسافة عند دائرة عرض التماس،
- يستخدم لرسم الخرائط التي تمتد عرضيا مثل الوطن العربي، وروسيا، وكندا، وأمريكا



شكل (٦٥): المسقط المخروطي

- المساقط المعدلة رياضيا:

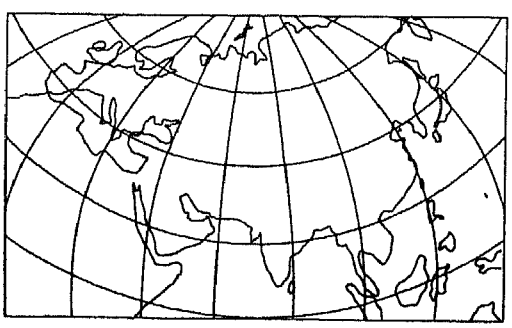
هى تلك المساقط التي تحتاج الى عمليات رياضية خاصة لتقليل التشوهات التي تنتج عن عملية الاسقاط، ومن أهمها المساقط التالية:

مسقط بون:

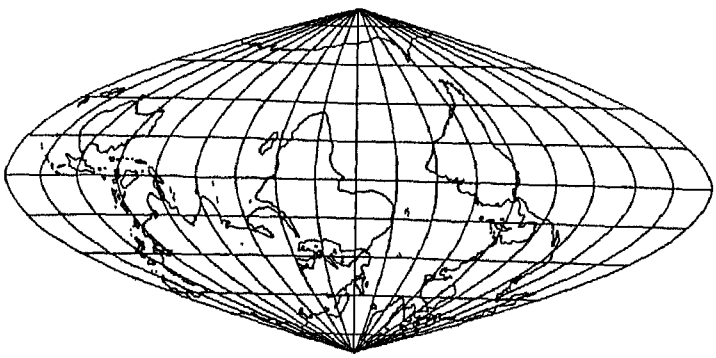
وهو نوع خاص من المساقط المخروطية، وفية تكون جميع دوائر العرض تساوي أطوالها الحقيقية على سطح الأرض، كما أن المسافة بين كل دائرة عرض ,أخرى متساوية لذا تظهر خطوط الطول منحنية وليست مستقيمة كما في المساقط المخروطية، ويحقق هذا المسقط شرط المساحات الصحيحة، ولايصلح لرسم كل الكرة الأرضية ولكن أجزاء منها فقط خاصة تلك التي تمتد نحو الشمال أو الجنوب من خط الاستواء (شكل ٦٦).

مسقط سانسون فلامستيد:

ترسم دوائر العرض على شكل خطوط مستقيمة طول كل منها يساوي نظيره على الكرة الأرضية، كما ترسم على أبعاد متساوية بالنسبة لخط الطول الأوسط الذي يرسم بطوله الحقيقي لذلك يحقق هذا المسقط شرط المساقات الصحيحة على دوائر العرض، كذلك يحقق شرط المساحات الصحيحة وان كان ذلك على أساس التشويه في الشكل (شكل ٦٧).



شكل (٦٦): مسقط بون



شكل (٦٧): مسقط سانسون فلامستيد

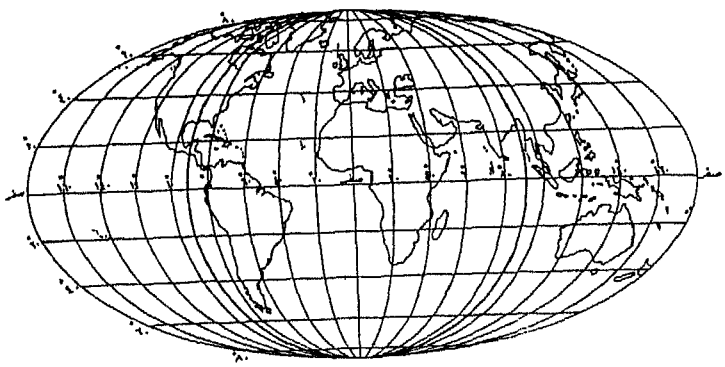
مسقط مولفايدي:

يحقق شرطي المساحات والمسافات الصحيحة، حيث يرسم على شكل دائرة كاملة تمثل خطوط الطول من صفر الى ٩٠ درجة شرقا وغربا، ويكون طول خط الاستواء ضعف طول الدائرة، ويقسم خط الطول الأساسي الى أقسام متساوية لتمثل المسافة بين دوائر العرض، بينما تقسم دوائر العرض الى أقسام متساوية يتم التوصيل بينها لتمثل خطوط الطول، وهذا المسقط أفضل من مسقط بون في تحقيقه الشكل الصحيح في وسط الدائرة ويزداد التشويه خارجها (شكل ٦٨).

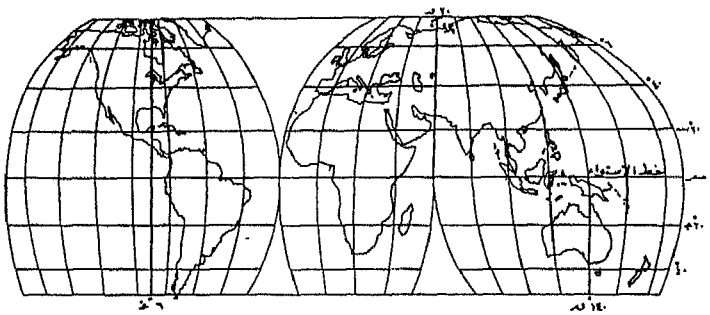
مسقط مولفايدي المقطع:

وهو نموذج للمساقط التي تظهر فيها خريطة العالم مقطعة، وأساسه هو اختيار مجموعة من خطوط الطول لتمثل الخطوط الأساسية التي يصمم المسقط على أساسها، وفي هذا المسقط تم خط الطول ٩٠ درجة غربا ليمثل خط الأساس لأمريكا الشمالية والجنوبية ، وخط طول ٢٠ شرقا خط أساس النصف الجنوبي لأفريقيا، وخط طول ٦٠ شرقا خط أساس لقارتي آسيا وأوروبا، وخط طول ١٤٠ شرقا خط أساس لقارة استراليا (شكل ٦٩).

شكل (٦٨): مسقط مولفايدي



شكل (٦٩): مسقط ملفايدي المقطع



أسس اختيار مساقط الخرائط:

لقد ساهم نقولا ابراهيم (١٩٨٢ ص ٢٧١-٢٨٠) في تحديد الأسس التي يتم بناء عليها اختيار مساقط الخرائط وهى :

- على أساس موقع المنطقة المراد رسمها،
- على أساس غرض الخريطة،
- على أساس اتساع وشكل المنطقة المراد رسمها.

ونرى أهمية عرض هذه الأسس بشيء من التفصيل كالآتي:

اختيار المسقط على أساس موقع المنطقة المراد رسمها:

هناك علاقة وثيقة بين موقع المنطقة الجغرافية المراد رسمها ونوع المسقط المناسب كما يتضح في الحالات التالية:

- عند تمثيل منطقة استوائية على خريطة يكون أحد المساقط الاسطوانية اختيارا ملائما، اذ ينتقل الاستواء الى الخريطة مساويا لطوله الأصلي على الأرض، ويكون شكله مستقيما، ومن ثم يصبح تشكيل المسقط سهلا من حيث الحساب والرسم.

- وعند تمثيل منطقة تقع بين الاستواء والقطب يكون أحد المساقط المخروطية ملائما، اذ ينتقل خط العرض الرئيسي الى الخريطة مطابقا لطوله الأصلي على الأرض، ويكون على شكل قوس من دائرة ومن تلك البداية يمكن اكمال المسقط بسهولة.

- وعند تمثيل منطقة قطبية يكون أحد المساقط الاتجاهية ملائما، اذ تنتقل جميع خطوط الطول المتلاقية عند القطب الأرضي محتفظة بنفس الزوايا الأصلية على سطح الأرض، أي أن خطوط الطول ستظهر على المسقط في صورة حزمة من المستقيمات المتلاقية في نقطة، وتكون الزوايا بينهما مساوية للزوايا المناظرة على سطح الأرض، ومن ثم يمكن اكمال المسقط بالسهولة المعروفة في حالات المساقط الاتجاهية القطبية.

- وعند تمثيل العالم كله أونصفه على خريطة يحسن الاتجاه الى أحد المساقط المعدلة التي تعالج المنطقة ككل والتي تبدأ بتحديد شكل المحيط الخارجي للمسقط- مرة على شكل دائرة ومرة على شكل قطع ناقص، ... ثم يستكمل الهيكل الجغرافي للخريطة داخل الاطار المحدد للمسقط.

ولايعتبر هذا التقسيم قاطعا في عملية اختيار المسقط ولكنه متبع في كثير من الحالات ويلزم أن يكون على بينة من أن الاسطوانة هى حالة خاصة من المخروط تكون فيها زاوية رأس المخروط

صفر، كما ،ان المستوى الـذي يستخدم فـي حالـة الاسـقاط الاتجـاهي هـو أيضـا حالـة خاصـة مـن المخروط والذي فيه تكون زاوية رأس المخروط ١٨٠ درجة.

ويلزم أيضا أن نعرف أنه عند أي مكان على سطح الأرض يمكن الاسقاط بأي طريقة مـن الطـرق المعروفة ولكن الاسقاط مع مراعاة التقسيم السابق يجعل الحساب أسهل مايمكن.

فمثلا عند مكان عرضه ٥٠ درجة شمالا يمكن استخدام الاسقاط المخروطي بحيث يمس المخـروط سطح الأرض حول دائرة العرض ٥٠ درجـة شـمالا، ويمكـن أيضـا الاسـقاط علـى مسـتوى يمـس الأرض عند هذا المكان ويمكن الاسقاط على اسطوانة تمس الأرض حـول خـط الطـول الـذي يمـر بهذا المكان أو اسطوانة تمس الأرض حول دائرة عظمى تمر بهـذا المكـان (وفـي هـاتين الحـالتين الأخيرتين يسمى المسـقطان الناتجـان اسـطواني مسـتعرض واسـطواني منحـرف)، ولكـن الاسـقاط المخروطي أسهلها كلها في الحساب.

اختيار المسقط على أساس غرض الخريطة :

يتحكم الغرض المطلوب منه عمل الخريطة في اختيار المسـقط المخـروط، هنـاك أغـراض متعـددة لرسم الخرائط ولابد أن نراعي أن المسقط المختار للخريطة يحقق الخصـائص الهندسـية التـي تفـي بهذه الأغراض.

والخرائط الجغرافية المرسومة بمقاييس صغيرة تستخدم في الأغراض الآتية:

- بيان التوزيعات،
- بيان الاتجاهات المتساوية من مكان معين،
- بيان المسافات المتساوية من مكان معين،
- الملاحة باتباع خطوط السير الثابتة الاتجاه،
- الملاحة باتباع أقصر المسافات،
- بيان الشكل المجسم للأرض.

ويمكن توضيح هذه النقاط بشيء من التفصيل كالآتي:

- لرسم خريطـة للتوزيعـات يـلزم أن يكـون المسـقط متسـاوي المسـاحات، والمسـاقط المتسـاوية المساحات هى مسقط مولفايدي ومسـقط سانسـون فلامسـتيد ومسـقط لامـبرت المخروطـي متسـاوي المساحات والمسقط الاتجاهي المتساوي المساحات ومسقط ألبرز، وعلى ذلك يتـم اختيـار أحـد هـذه

المساقط لخرائط التوزيعات مع مراعاة موقع المنطقة المطلوب بيانها كما سبق، ومع مراعاة علاقات أخرى.

– ولرسم خريطة تعطي الاتجاهات الحقيقية من مكان معين يلزم أن يكون المسقط اتجاهي ومركزه عند هذا المكان وهذا النوع من الخرائط يستخدم أيضا في محطات اللاسلكي حتى تتعرف المحطة على الاتجاهات الحقيقية للأماكن التي يمكنها استقبال الاذاعة وبذلك تتمكن المحطة من توجيه الموجات الى تلك الأماكن.

والمساقط الاتجاهية التي يمكن ذكرها هنا هي المركزي والاستريوجرافي والأرثوجرافي والمتساوي المسافات والمتساوي المساحات، ويمكن اختيار واحد منها طبقا للأغراض الأخرى المطلوبة.

– ولرسم خريطة تعطي المسافات الحقيقية من مكان معين يلزم أن يكون المسقط اتجاهي متساوي المسافات وهذا النوع من المساقط يستخدم أيضا في خرائط محطات الارسال اللاسلكي سابقة الذكر لتعطي المسافات الحقيقية بالاضافة الى الاتجاهات الحقيقية من موقع المحطة، كما يستخدم أيضا هذا المسقط في الخرائط التي تبين خطوط الملاحة الجوية من مركز رئيسي يكون عادة عاصمة لاحدى الدول.

وفي هذا المجال لابد أن نوضح أنه لايوجد مسقط يحقق المسافات المتساوية في جميع أنحاء الخريطة– كما وأن هناك مساقط تعطي المسافات المتساوية على خط من خطوط الطول أو العرض أو كليهما معا أو أكثر من ذلك، فالمساقط الاسطوانية تحقق تساوي المسافات على خط الاستواء، كما وأن المسقط الاسطواني البسيط يحقق – بالاضافة الى ذلك– تساوي المسافات على جميع خطوط الطول وذلك بالطبع يقابله تشويه في خطوط العرض يتزايد كلما ابتعدنا عن العرض الرئيسي.

والمساقط المخروطية تحقق تساوي المسافات على خط العرض الرئيسي أو خطي العرضين الرئيسيين – بالاضافة الى بعض الخطوط الأخرى– ففي المخروطي البسيط وفي المخروطي بعرضين رئيسيين تكون المسافات صحيحة على خطوط الطول، وفي متعدد المخاريط وفي مسقط بون تكون المسافات صحيحة على كل خطوط العرض وعلى خط الطول الأوسط.

ومسقط سانسون فلامستيد يحقق المسافات المتساوية على كل خطوط العرض وعلى خط الطول الأوسط.

– ولرسم خريطة تستخدم في الملاحة باتباع خطوط السير الثابتة الاتجاه يلزم أن يكون المسقط تشابهي، وأهم المساقط التشابهية مسقط ميركاتور والمسقط الاستريوجرافي، والمعروف أن التشوية يتزايد في مسقط ميركاتور كلما ابتعدنا عن خط الاستواء ولذلك لايستخدم هذا المسقط لتمثيل المناطق القطبية ويستبدل بالمسقط الاستريوجرافي القطبي.

– ولرسم خريطة تستخدم في الملاحة باتباع أقصر الطرق يلزم أن يكون المسقط مركزي. وهو المسقط الوحيد الذي فيه تمثل الخطوط المستقيمة على الخريطة الدوائر العظمى (أقصر المسافات) على سطح الأرض.

– ولرسم خريطة تبين الشكل المجسم للكرة الأرضية– تبرز تكورها– يلزم استخدام المسقط الارثوجرافي، فهو مسقط منظور يقع مركز الاسقاط فيه عند اللانهاية، لذلك يمثل هذا المسقط شكل الأرض كما يراها الانسان من مكان بعيد جدا عنها، هذا المسقط يستخدم كثيرا في خرائط الأطالس الحديثة التي تعني بدراسة الأرض ككل، كما يستخدم في الكتب الجغرافية لتوضيح الشرح الخاص بالمعالم العامة للكرة الأرضية.

أحيانا يستعاض عن المسقط الارثوجرافي بالمسقط الاستريوجرافي وذلك لصعوبة اجراء حسابات الارثوجرافي ولسهولة اجراء حسابات الاستريوجرافي، وأيضا لصعوبة رسم القطاعات الناقصة في الأرثوجرافي، ولسهولة رسم أقواس الدوائر في الاستريوجرافي، ويعطي الاستريوجرافي صورة مجسمة لشكل الأرض بدرجة مقبولة ولكنها ليست بالتجسيم الذي يعطيه الأورثوجرافي.

– بالاضافة الى الأغراض السابقة تتضمن الأطالس عادة خرائط فلكية، والخرائط الفلكية ترسم عادة بالمسقط الاستريوجرافي حتى يمكن استخدامها في قياس بعض العناصر، كما أنه يمكن متابعة حركة الأجرام السماوية عليها، وترسم الخرائط الفلكية أيضا على المسقط الاتجاهي متساوي المسافات القطبي، وفي هذه الحالة ترسم الكرة السماوية في مسقطين متجاورين أحدهما للنصف الشمالي والآخر للنصف الجنوبي.

وفي كثير من الأطالس الحديثة التي تحتوي على خرائط القمر مرسومة بالمسقط الاستريوجرافي الاستوائي في جزئين أحدهما للنصف المواجه للأرض والجزء الأخر للنصف الثاني.

اختيار المسقط على أساس اتساع وشكل المنطقة المطلوب رسمها:

أولا: على أساس الاتساع:

- عند رسم قارة مثل أفريقيا على المساقط المختلفة التي تصلح لذلك مثل ميركاتور وسانسون فلامستيد ومولفايدي والاتجاهي المتساوي المسافات والاتجاهي متساوى المساحات والكروي والاستريوجرافي والارثوجرافي ... الخ نجد أن هناك فروقا في الأشكال الناتجة، حيث تظهر تلك الفروق في شكل الهيكل الجغرافي الذي تكون خطوط الطول فيه مستقيمة أحيانا ومنحنية أحيانا، وتكون خطوط العرض مستقيمة أحيانا ومنحنية أحيانا، كما تختلف درجة الانحناء من مسقط الى آخر.

- واذا رسمنا قارة أفريقيا والبحار والمحيطات المحيطة بها- أي امتدت الخريطة غربا لتشمل المحيط الأطلسي حتى سواحل الأمريكتين، وامتدت شرقا لتشمل المحيط الهندي حتى سواحل الهند وجزر الهند الشرقية وسواحل استراليا، وامتدت شمالا لتشمل البحر المتوسط وأجزاء من أوروبا، وامتدت جنوبا حتى سواحل القارة القطبية الجنوبية- على نفس المساقط التي تصلح لأفريقيا، لوجدنا أن الفروق في الأشكال قد زادت واتضحت، ذلك يحدث لزيادة الانحناءات في خطوط الطول والعرض كلما ابتعدنا عن المركز نحو أطراف الخريطة.

- واذا رسمنا احدى دول أفريقيا أو منطقة من هذه القارة على مساقط مختلفة فاننا نجد أن الفروق بين الأشكال الناتجة صغيرة لاتذكر، وذلك الفرق بين الخط المستقيم والخط المنحني الذي يناظره يكون صغيرا في المناطق المحدودة الاتساع.

من هنا يتبين أن تحديد المسقط المطلوب لرسم منطقة صغيرة من العالم بمقياس صغير يتفق مع خرائط الأطلس، لايؤثر كثيرا على الشكل الناتج لأن معظم المساقط تؤدي الى أشكال متفاوتة، وكلما زادت المنطقة في الاتساع كلما اتضحت الحاجة الى تحديد خصائص المسقط المطلوب وبالتالي الى تحديد اسم المسقط.

ثانيا: من حيث الشكل:

- عند البحث عن مسقط يصلح لتمثيل الساحل الغربي لأمريكا الجنوبية الذي يمتد من العرض ٨° درجة شمالا الى العرض ٥٥ درجة جنوب، في حين يبلغ اتساعه مع خطوط الطول ١٠ درجات طولية تقريبا- يفضل الاعتماد على مسقط يحقق المسافات المتساوية مع خط الطول المتوسط في هذه المنطقة وهو خط الطول ٧٠ درجة غربا، والمساقط التي تحقق ذلك هى سانسون فلامستيد، والاسطواني البسيط، والمخروطي بعرضين رنيسيين، ومسقط بون، والمسقط متعدد المخاريط.

– عند البحث عن مسقط يصلح لتمثيل المنطقة التي تشمل الحدود السياسية بين كندا والولايات المتحدة الأمريكية، والتي تمتد من خط الطول ٦٧ درجة غربا الى خط الطول ١٢٣ درجة غربا، في حين يبلغ اتساعها مع درجات العرض ٤ درجات تقريبا– يفضل الاعتماد على مسقط يحقق المسافات المتساوية مع خط العرض المتوسط في هذه المنطقة وهو خط العرض ٤٧ درجة شمالا، ومعظم المساقط المخروطية تحقق هذا الغرض.

من هنا يتضح أن شكل المنطقة المطلوب تمثيلها على الخريطة يتدخل في تحديد المسقط المطلوب.

اختيار المسقط مع مراعاة شكل هيكله الجغرافي:

مما سبق يتضح أن اختيار المسقط يتم مع مراعاة الآتي:

– موقع المنطقة،

– الغرض المطلوب منه عمل الخريطة،

– اتساع المنطقة وشكلها.

وحتى مع مراعاة تلك الظروف فاننا نصل أحيانا الى مسقطين أو ثلاثة أو أكثر تحقق المطلوب، عندئذ من الضروري مراعاة ظروف جديدة هى:

أولا: الحسابات: فالمعروف أن بعض المساقط لاتتطلب حسابات معقدة خصوصا تلك التي يدخل في تكوينها الخطوط المستقيمة أو أقواس الدوائر وعادة يلجأ الكارتوجرافي الى المسقط الذي لايحتاج الى حسابات معقدة.

ثانيا: طريقة الرسم: بالطبع يفضل الكارتوجرافي المسقط الذي يدخل في تكوينه الخطوط المستقيمة واقواس الدوائر لسهولة رسمها.

ثالثا: بالاضافة الى العنصرين الهامين السابقين لابد وأن نتذكر دائما أن الخريطة تمثل سطح الأرض الكروي وان خطوط الطول ودوائر العرض على سطح الأرض أقواس دوائر، ولذلك كلما كانت خطوط الطول والعرض على الخريطة منحنية، كلما كانت الخريطة أقرب شكلا من سطح الأرض، وليس معنى ذلك أن نستبعد المساقط التي يدخل في تشكيل هيكلها الجغرافي الخطوط المستقيمة، لأحيانا يلزم أن تكون الخريطة على مسقط ميركاتور وأحيانا لابد وأن تكون الخريطة على مسقط مركزي وهذان المسقطان لايخلوان من الخطوط المستقيمة.

ولكن لو كان الكارتوجرافي بصدد انشاء مجموعة من الخرائط كما في حالة الأطلس فيستحسن أن ينوع من المساقط المستخدمة، وهنا يلزم التنويه مرة أخرى الى استخدام المسقط الارثوجرافي في

خرائط الأطلس الذي يعطي جمالا وتجسيما للشكل الحقيقي للأرض بالرغم من صعوبة حساباته ورسمه.

د) المعلومات التخطيطية Planning data

يرتبط كل اقليم جغرافي في الوقت الحالي بخطة تطورية محددة والتي ربما تكون متعددة المحاور كالخطط العمرانية والخطط الاقتصادية والخطط الاجتماعية، حيث تختلف طريقة تطبيقها ومدة التنفيذ من دولة الى أخرى نظرا للعوامل المختلفة التي قد تتحكم في سرعة التنفيذ أو درجة دقته.
ومن هنا فانه من الضروري أن يهتم مصمم نظم المعلومات الجغرافية في أي اقليم أو دولة ما بالالمام بالمحاور المختلفة للخطط التنموية لذلك الاقليم أو تلك الدولة وذلك لكي يستطيع أن يراعي ذلك عند وضع الخطط التنفيذية لنظم المعلومات الجغرافية وأهدافها.

وعليه يتطلب الالمام بالجوانب الآتية:

- الخطط الديموغرافية للاقليم أو الدولة ، هل هناك خطط خماسية لترشيد الانجاب؟ أو خطط أخرى لمعالجة خلل ما قد يكون متواجدا في التركيب السكاني في الدولة أو الاقليم؟ ماذا تم انجازه حتى وقت الاطلاع على الخطط العمرانية؟ ماهي نوعية المعلومات الديموغرافية المتوفرة؟ هل هي رقمية؟ هل هناك خرائط رقمية يعتمد عليها في الخطط الديموغرافية؟ وماهو مدى صلاحيتها للاستخدام في نظم المعلومات الجغرافية مستقبلا؟.

- الخطط العمرانية للاقليم أو الدولة، هل هناك خطط محدودة؟ هل توجد انجازات سابقة؟ هل توجد معوقات لتنفيذ الخطط العمرانية؟ هل هناك دراسات تخدم الخطط العمرانية؟ ماهى نوعية المعلومات التخطيطية المتوفرة؟ هل اعتمدت الخطط العمرانية على خرائط من قبل؟ هل الخرائط رقمية؟ هل يمكن الاستفادة منها في نظم المعلومات الجغرافية؟.

- الخطط الاقتصادية للاقليم أو الدولة، ماهى الأجهزة الحكومية وغير الحكومية التي تهتم باعداد خطط اقتصادية بالاقليم أو بالدولة؟ ما هى توجهات الخطط الاقتصادية؟ هل تعتمد على المحور الزراعي أم الصناعي أم التجاري؟ أم أنها تعتمد على منهج متعدد المحاور؟ ماهى نوعية الخطط؟ هل هناك خطط حول الاكتفاء الذاتي؟ ماهى أنواع الصادرات والواردات في الاقليم أو الدولة؟ ما هو مستوى الدخل القومي ودخل الفرد؟ هل هناك مؤثرات بيئية بارزة؟.

- الخطط التنموية الشاملة، هل تتوفر هناك خطط من هذا النوع؟ علما بأن الخطط التنموية الشاملة تعتمد على ربط المحاور الاجتماعية بأبعادها المختلفة والمحاور الاقتصادية المختلفة في صورة متوازية وتبادلية أي كل محور يدعم الأخر ويدعم من الأخر.

هـ) المعلومات الخاصة باستخدامات الأراضي Land use data

يقصد باستخدامات الأراضي التنويع المساحي للأراضي التي تقع في نطاق اقليم جغرافي معين أو دولة ما، وتتنوع من حيث الأساس الى استخدامات أراضي حضرية تختص بالمساحات التي تشغلها التجمعات العمرانية للمدن بأحجامها المختلفة والى استخدامات أراضي ريفية للمساحات خارج نطاق المدن بما فيها القرى والمزارع وغير المزارع كالمستنقعات والصحاري والغطاءات النباتية المختلفة.

ويتميز كل نوع عن الأخر في اظهار الاستخدامات الوظيفية المكانية التي تحدد شخصية المكان أو الاقليم أو المدينة، وعليه يجب الالمام بطبيعة استخدامات الأراضي في الاقليم أو الدولة المراد انشاء نظام معلومات جغرافي لها.

ويمكن ابراز أسس تصنيف استخدامات الأراضي في المدن وخارج المدن (الريف) والمتفق عليها عالميا، وذلك لتسهيل امكانية الاعتماد عليها كمطلب هام في تصميم نظم المعلومات الجغرافية.

و) المعلومات الادارية Adminstrative data :

تعتمد النظم الادارية في الدول على التدرج الهرمي للنفوذ الاداري، حيث تحتل ادارة الدولة قمة الهرم والتي تمارس نفوذها على جميع الأقاليم التي تقع داخل نطاق الحدود السياسية للدولة، ثم يلي ذلك تقاسيم ادارية فرعية على هيئة مناطق أو أقاليم أو محافظات أو بلديات أو ولايات ومنها الى وحدات ادارية أقل كالمدن والقرى...الخ.

وعند تصميم نظام معلومات جغرافي متكامل يتطلب الالمام بالنظم الادارية في الدولة وطبيعة التدرج الهرمي للممارسة الادارية حتى أقل تجمع اسكاني ممكن، غالبا تندر الخرائط الادارية في الدول العربية مما يشكل معوقا كبيرا في مجال انجاز نظام معلومات جغرافي لوحدة اقليمية جغرافية محددة، كما أن الحدود الادارية تتغير في الدول العربية بسرعة تفوق سرعة انجاز الخرائط، لذلك فانه من الضروري دراسة التقاسيم الادارية في الدولة قبل انشاء نظام معلومات جغرافي.

الفصل الثاني
المتطلبات الفنية

تتشعب المتطلبات الفنية في اتجاهين يكمل كل منهما الآخر وهما:

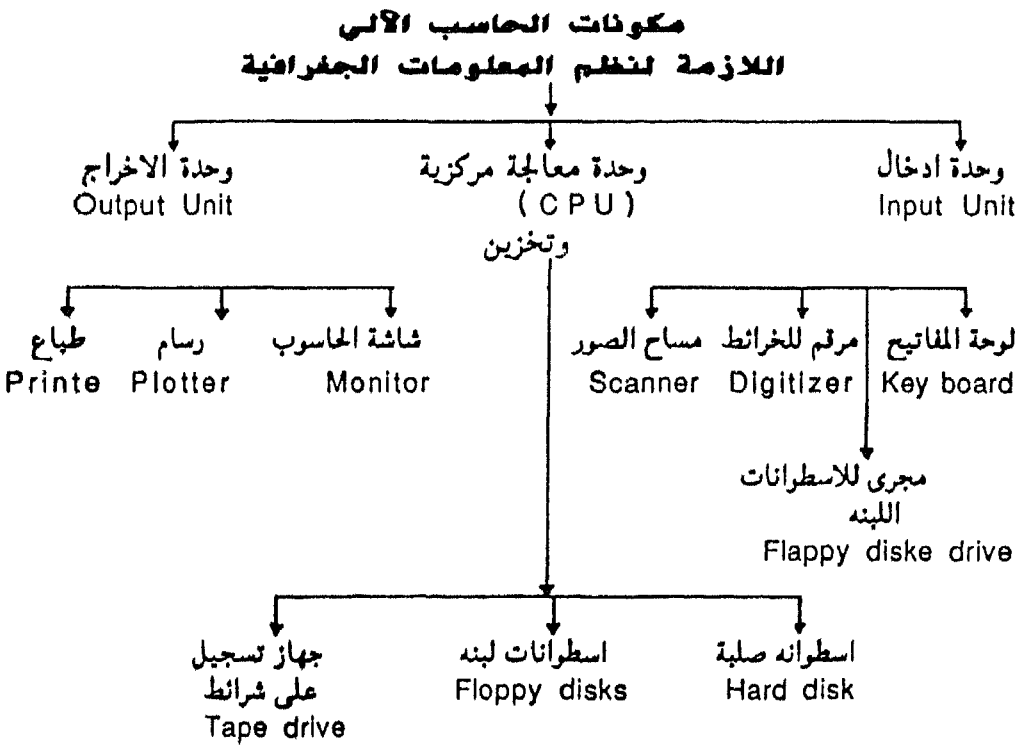
- مكونات الحاسب الآلي Hardware
- البرامج التطبيقية GIS Application Software

وتهتم هذه الفقرة بتغطية المتطلبات الفنية في كل اتجاه على حده.

١) مكونات الحاسب الآلي:

اذا تحدثنا عن الحاسب الآلي ومكوناته فاننا نقصد أجهزة الحاسب الآلي الشخصية بأنواعها وخاصة أجهزة IBM ومايتفق معها في نظم التشغيل وكذلك محطات العمل Workstation التي تعمل بنظم UNIX ومن حيث المبدأ يمكن تقسيم مكونات الحاسب الآلي الى ثلاث وحدات رئيسية تغطي جميع مراحل التعامل مع أجهزة الحاسوب وطبيعة الأجهزة المطلوبة في كل مرحلة وهذه الوحدات كما يظهرها شكل (٧٠) هى:

- وحدة ادخال المعلومات Data Input Unit (DIU)
- وحدة المعالجة المركزية والتخزين Central Processing Unit & Storage (CPU)
- وحدة اخراج المعلومات Data Output Unit (DOU)



شكل (٧٠) : الهيكل المتكامل لمكونات الحاسوب اللازمة لانجاح نظم المعلومات الجغرافية

ولأن المعلومات التي تعتمد عليها نظم المعلومات الجغرافية متنوعة المصادر ومختلفة من حيث طبيعتها لذلك فانه يتطلب لادخالها الى الحاسوب وسائل عديدة ترتبط بوحدة الادخال للمعلومات وهي:

- لوحة المفاتيح Keyboard :

لاتوجد هناك اختلافات جوهرية في لوحات المفاتيح الخاصة بالحاسوب والتي تشبه الى حد كبير الآلة الكاتبة العادية الا أنه توجد مفاتيح اضافية ترتبط بالوظائف الخاصة بنظام التشغيل وبالبرامج التطبيقية وتتشابه لوحات المفاتيح من حيث المكونات والمهام مع وجود اختلافات في ترتيبها وموقعها على اللوحة وأيضا الألوان.

وتستخدم لوحات المفاتيح في ادخال البيانات النصية ذات الحروف الهجائية والأعداد وذلك حسب اللغة التي تتعامل بها الى جانب ادخال الأوامر.

- الفأرة Mouse :

تعتبر الفأرة من أهم وسائل ادخال المعلومات في الحاسب الآلي وخاصة وأنها وسيلة سهلة التعامل وتبسط عملية الادخال، خاصة في اختيار أوامر متواجدة على قائمة أوامر على شاشة الحاسوب أو اختيار عنصر معلوماتي في جدول على شاشة الحاسوب مثل حالات الجداول الممتدة Spread sheets ، أو اختيار عنصر معلوماتي على خريطة آلية على شاشة الحاسوب كما في حالة برامج انتاج الخرائط الآلية ونظم المعلومات الجغرافية، كما يمكن أيضا استخدامها في رسم خطوط أو نقاط أو أشكال هندسية أو أشكال بيانية في برامج تطبيقية عديدة للرسم الآلي.

كما وأن التعامل مع بيئة التشغيل وندوز Windows تتطلب توفير فأرة ، وتختلف أشكال الفارات من شركة تصنيع حاسوب الى أخرى، فمنها ذات ثلاثة أزرار ومنها له زران فقط أحدهما للادخال أو الاختيار selection والآخر يقوم بدور الغاء الاختيار، وعادة يتم تركيب الفأرة على أجهزة الحاسوب الشخصية على مدخل البيانات المتوالي الصغير COM1 أو يكون لها مدخل خاص يأخذ شكل دائري صغير.

- مجرى الاسطوانات اللينة Floppy disk drive :

يعتبر مجرى الاسطوانات من أهم وسائل ادخال البيانات الى الحاسب الآلي وخاصة الرقمية منها ويتنوع مجرى الاسطوانات اللينة الى نوعين، أحدهما مخصص للاسطوانات بحجم ٣,٥ بوصة والآخر للاسطوانات بحجم ٥,٢٥ بوصة ، ولكنه غير منتشر حاليا، ويمكن ادراج مجرى الكاسيت

المغناطيسي Magnetic tape ومجرى اسطوانات CD-ROM تحت هذه الوسيلة لادخال المعلومات.

وبالطبع في مجال نظم المعلومات الجغرافية يفضل أن يحتوي جهاز الحاسوب على مجرى الكاسيت المغناطيسي ومجرى اسطوانات ال CD-ROM وذلك للأهمية في ادخال وتخزين المعلومات الضخمة وخاصة المرئيات الفضائية أو الخرائط الطبوغرافية الآلية والصور الجوية الآلية والتي تحتاج الى وسيلة تخزين كبيرة كما أن ملفات المعلومات العالمية مثل الTIGER وال DIME تسوق في الغالب على هذه الوسائل وذلك لكبر حجمها.

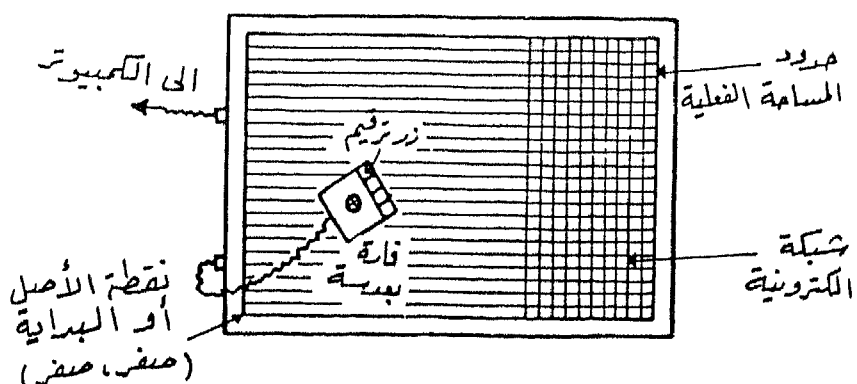
- مرقم الخرائط Digitizer :

يعتبر هذا الجهاز الوسيلة الأساسية لادخال المعلومات الخطية كالخرائط الى الحاسوب، لذلك يشكل المرقم وسيلة هامة ومتطلب أساسي في مكونات الحاسب الآلي اللازمة لنظم المعلومات الجغرافية وتتفاوت أحجام مرقمات الخرائط وهى A0, A1,A2,A3,A4 .

كما أنها تتفاوت في المسميات حسب المؤسسات المنتجة لها وتتفاوت في الشكل واللون وترتيب أجزائه الا أن فكرة تصميم المرقم الذي يحتاج الى العمل اليدوي في ادخال الخرائط الى الحاسوب تعتبر متشابهة في جميع الأنواع والتي يمكن عرضها في الآتي:

فكرة مرقم الخرائط:

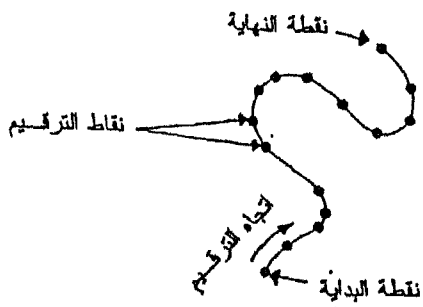
هو عبارة عن لوحة تشبه لوحة الرسم بداخلها أي أسفل سطحها مثبت شبكة الكترونية تعمل بالكهرباء الساكنة (شكل ٧١)، وتعتمد الشبكة على نظام الاحداثيات السينية والصادية بالاضافة الى فارة بعدسة Linse mouse وتعتمد فكرة المرقم على القراءات التي تنقل الى الحاسب الآلي والتي تقابل موقع تقاطع الشعرتين على عدسة الفأرة على نظام الاحداثيات للشبكة الالكترونية أسفل سطح المرقم .



شكل (٧١) رسم تخطيطي لمكونات مرقم الخرائط

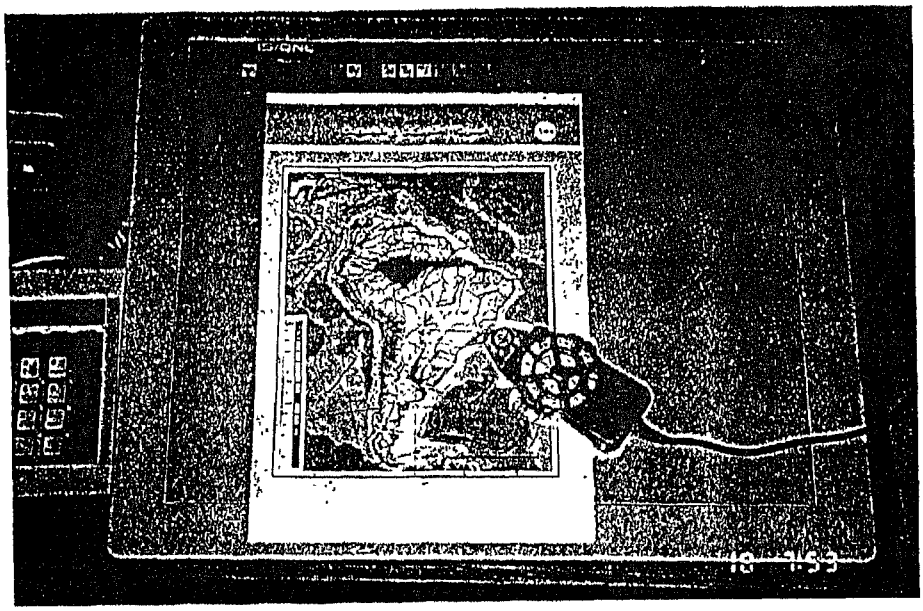
فاذا ثبتنا خريطة على سطح المرقم بحيث تكون نقطة بداية العمل على الخريطة تقع في الركن الجنوبي الغربي للمرقم وذلك داخل نطاق المنطقة الفعلية للعمل نحرك الفأرة حتى تقرأ لنا على شاشة الحاسب نقطة الأصل (صفر،صفر) في النظام الاحداثي لسطح اللوحة حيث نلاحظ تطابق تقاطع الشعرتين للعدسة على نقطة البداية المرغوبة على الخريطة ثم نضغط بالاصبع على زر خاص على الفأرة لادخال احداثيات نقطة البداية ونتابع ادخال نقطة متتابعة على خط واحد، نجد أن نفس الخط يرسم على شاشة الحاسب بالتتابع.

وبهذه العملية يتم ادخال بيانات الخريطة بالكامل وأيضا الرسومات والتصميمات مع ملاحظة زيادة عدد النقط على الخط كلما زاد انحناء نفس الخط حتى يمكن أن نحصل على الشكل المنحني بعد الترقيم كما يوضح شكل (٧٢)

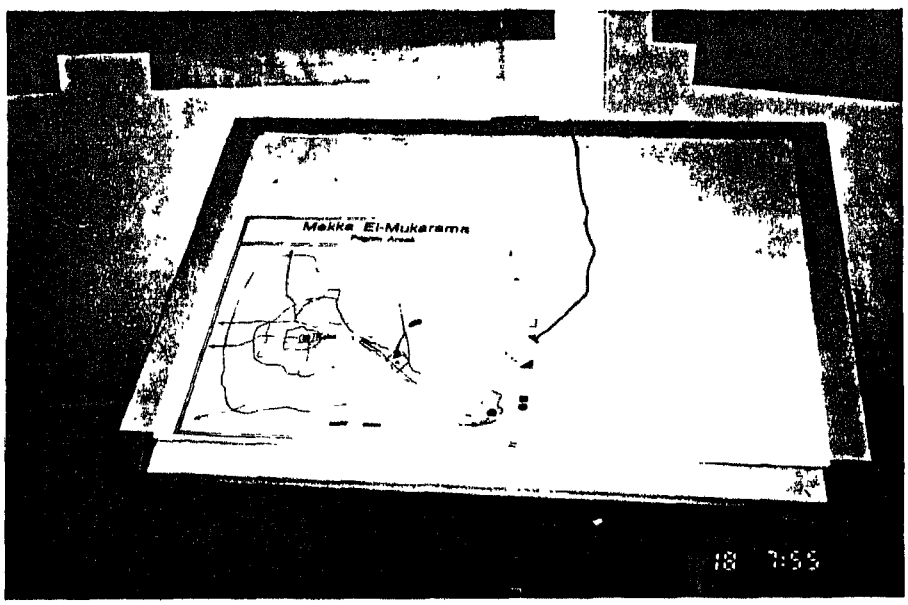


شكل(٧٢) : يوضح تتابع نقط الترقيم

ويلزم لادخال الخرائط والرسومات والتصميمات الى الحاسب الآلي برامج تطبيقية خاصة لهذا الهدف وتتنوع تلك البرامج ولكن يجب مطابقتها مع نظم تشغيل الحاسوب ومع المرقم، كما يجب ملاحظة أن عملية ادخال الخرائط الى الحاسوب وتخزينها تحتاج الى سعة تخزين كبيرة لذلك يلزم ملاحظة ذلك أثناء اختيار مكونات الحاسب الآلي Hardware بأن تكون هناك سعة كافية على الاسطوانات الصلبة Hard disk أو وجود اسطوانة تسجيل خارجية مثل File server بسعات مناسبة من وقت لآخر أثناء عملية الترقيم حتى لاتفقد البيانات اذا انقطع التيار الكهربائي عن الحاسوب فجأة.



شكل (٧٣): مرقم الخرائط من نوع Kurta/IS one بحجم A3



شكل (٧٤): مرقم للخرائط من نوع Calcomp 1100 بحجم A0

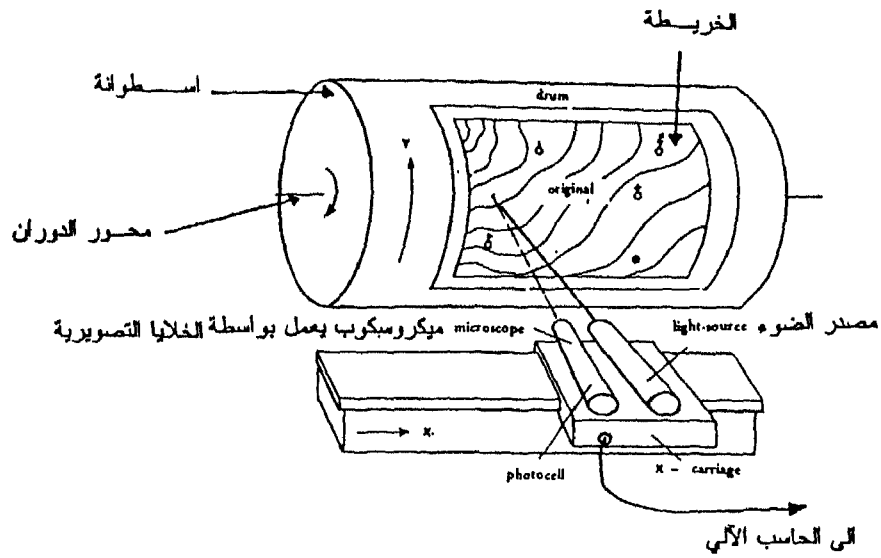
عند اختيار مرقم الخرائط يجب ملاحظة الآتي:

– أن يكون منطبقا مع نظام التشغيل المتعامل به في الحاسب الآلي ومع نوع الحاسوب.
– أن يكون حجمه ينطبق مع حجم الخرائط المراد ادخالها أو ترقيمها.
– أن يكون مستخدما في البرنامج التطبيقي لنظم المعلومات الجغرافية، حيث ان هناك برامج تطبيقية لايتوفر فيها برنامج لتشغيل المرقم معها، وفي هذه الحالة يجب محاولة كتابة برنامج يتيح ذلك أو مراجعة دليل المرقم لمعرفة كيفية تشغيله، وعادة تحتوي الكتيبات التي تباع مع المرقم على ارشادات لتغيير تحويلات Switches في المرقم لكي يعمل مع عدة برامج أو برامج محددة.
– يلاحظ أن المرقم يستخدم مخرج متوالي Serial port عند توصيله مع الحاسوب، لذلك يجب ملاحظة توفير مخرج port لذلك بالجهاز.

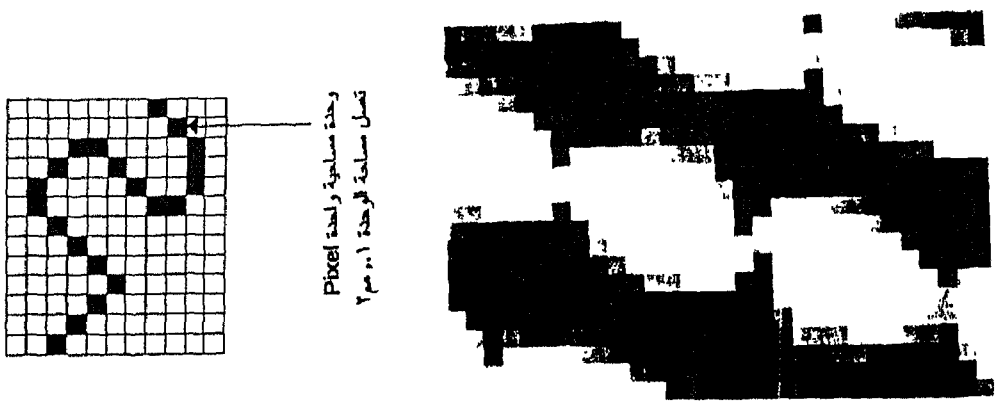
الماسح الضوئي Scanner:

وهو جهاز يستخدم لادخال الخرائط والصور الجوية والمرئيات الفضائية الى الحاسوب والتي تحتوي على معلومات مساحية Raster data وتكمن فكرة الماسح الضوئي في انجاز عملية الترقيم بطريقة آلية وليست بواسطة اليد كما سبق ذكره في حالة مرقم الخرائط.
ويظهر شكل (٧٥) مكونات الماسح الضوئي والتي تساهم في انجاز العمل كالآتي:
– اذا ثبتنا الخريطة على الاسطوانة داخل المساح ونبدأ بتشغيل الجهاز، نجد أن الاسطوانة تدور بسرعة تصل الى ١٠٠٠ دورة / الدقيقة الواحدة.
– ينبعث ضوء من مصدر خاص (كما بالرسم) فيقع الضوء على نقطة معينة على الخريطة والتي تعكس بدورها أشعة الضوء حسب طبيعة النقطة.
– عندما ينعكس الضوء يستقبله جهاز ميكرسكوب صغير يعمل على أساس خلايا تصويرية حساسة لنسبة الضوء المنعكس اليها فيتم ارسال ذلك الى الحاسب الآلي لتخزين عناصر الخريطة أو الصورة على هيئة وحدات مساحية صغيرة تسمى Pixels قد لاتتعدى ٠,١ مليمترمربع ويجمع هذه المعلومات المساحية الصغيرة نحصل على مايسمى بيانات مساحية أو Raster data ، حيث توقع كل وحدة مساحية صغيرة Pixel أيضا في نظام احداثي سيلي وصادي لأن محور دوران الاسطوانة في جهاز مساح الصور يمثل الاحداثية السينية أما الاتجاه العمودي عليه يمثل الاحداثية الصادية، كما يظهر في شكل (٧٦).

ويلزم في حالة استخدام مساح الصور برامج تطبيقية خاصة لمعالجة الصور Image data processing مع مراعاة مطابقتها مع نظم تشغيل الحاسوب المستخدم ومراعاة سعة التخزين المناسبة.



شكل (٧٥): فكرة تركيب وعمل الماسح الضوئي Scanner



شكل (٧٦): شكل الوحدات المساحية Pixels التي تم ترقيمها بالماسح الضوئي

وحدة المعالجة والتخزين Central processing unit:

هى تلك الوحدة التي يعتمد حجمها وسعتها وسرعة معالجتها على الحجم المعلوماتي المراد التعامل معه، الا أن هناك مواصفات لوحدة المعالجة المركزية في الحواسيب الشخصية والتي تيسر التعامل مع نظم المعلومات الجغرافية، والتي يمكن ذكرها فيما يلي:

- لايقل المعالج عن موديل ٤٨٦ وبسرعة لاتقل عن ٣٣ ميجاهيرتز ، حيث أن ٩٠٪ من البرامج التطبيقية التي تعمل في مجال نظم المعلومات الجغرافية تتطلب التعامل مع هذا الموديل كحد أدنى، وذلك لتوفير أدنى حد من سرعة معالجة البيانات والتعامل معها.

- ألا تقل الذاكرة المتطايرة RAM عن ٤ ميجابايت ويفضل ٨ أو ١٦ ميجابايت، وخاصة في حالة التعامل مع البرامج التي يمكن بواسطتها تحليل الصور والمرئيات الفضائية، وخاصة أن معظم البرامج التطبيقية لنظم المعلومات الجغرافية تقوم الآن بالتعامل المزدوج في تحليل البيانات الخطية Vector data والبيانات المساحية Raster data .

- يجب توفر اسطوانة صلبة Hard disk بحجم كبير لايقل عن ٣٠٠ ميجابايت، وذلك لاتاحة امكانية تخزين جميع البرامج الفرعية للبرامج التطبيقية، حيث ان البرامج التطبيقية في نظم المعلومات الجغرافية تتكون من مجموعة من البرامج Modules التي يهتم كل منها بوظائف معينة كادخال البيانات أو الترقيم أو الاستعادة والتنقيح للبيانات أو استيراد وتصدير ملفات معلوماتية أو الاخراج، ولذلك لابد أن تكون جميع البرامج الفرعية على نفس الاسطوانة الصلبة المتواجد عليها البرنامج الرئيسي لتقليل وقت استقرائها.

- تحتاج أيضا وحدة المعالجة والتخزين الى أجهزة فرعية للتخزين مثل أجهزة قراءة الكاسيت Tape reader أو أجهزة قراءة الشرائط المغناطيسية Magnetic band reader حيث تسهل قراءة وتخزين ملفات معلوماتية تم انجازها في المحطات المركزية لمعالجة المعلومات.

- تحتاج تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية الى كروت عرض رسومات Graphics cards من نوع VGA أي Viseual Graphics Array أي كارت عرض الرسومات المرئية، الا أنه يفضل أن تكون هناك أنواع أكثر وضوحا في العرض المرئي وهى Super VGA .

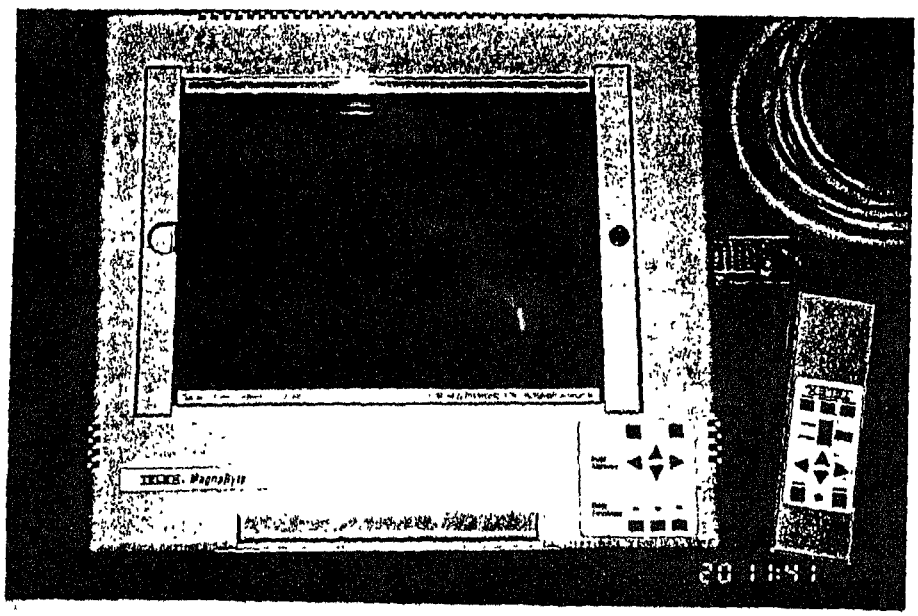
وحدة اخراج المعلومات Data output unit:

هى الوحدة الثالثة في مكونات الحاسب الآلي والتي يرتبط بها مدى امكانية الاستفادة من البيانات بناء على مستوى عرض Display واخراج output للمعلومات، وكذلك نوعية عرض واخراج المعلومات ، وعليه ففي هذه الوحدة تتنوع الأجهزة التي تخدم غرضها الى أنواع عديدة.

يمكن عرضها في الآتي:

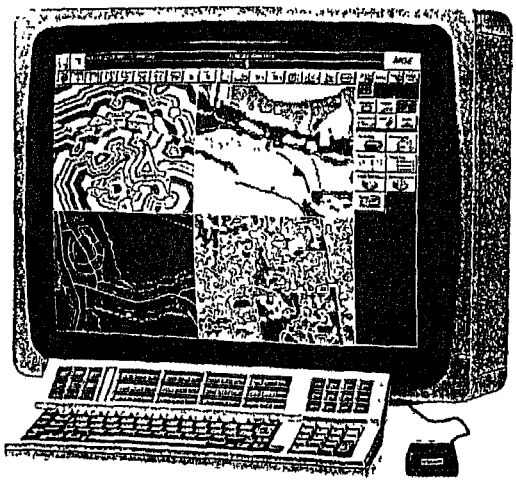
أ) أجهزة عرض Display devices:

لاتقتصر امكانيات عرض البيانات على شاشات الحاسوب فحسب، ولكن يمكن استخدام أجهزة العرض الرأسي Overdeads بمساعدة جهاز مساعد عرض Display panel لعرض البيانات على الحائط والتي بالطبع تفيد في المحاضرات التعليمية وحلقات النقاش والمؤتمرات والندوات، وتختلف أجهزة مساعد العرض باختلاف الشركات المصنعة الا أنها من حيث الأساس تكون قابلة للتركيب مباشرة على الحاسوب سواء على المخرج المتتالي Serial port أو المخرج المتوازي Parallel port أو أنها تركب بدلا من الشاشة ثم يوضع الجهاز فوق جهاز العرض الرأسي Overdead لاظهار المعلومات والرسومات على حائط العرض (شكل ٧٧).



شكل (٧٧): جهاز مساعد للعرض Data Display Panel من نوع Telex

كما أنه يجب عند اختيار شاشات الحاسوب ألا يقل عرضها عن ١٧ بوصة ويفضل أن يكون عرض الشاشة ٢٠ بوصة وذلك لحاجة تكبير ووضوح عناصر الخرائط المختلفة ووضوح الجداول الاحصائية والرسومات البيانية التي قد تكون مرافقة للخريطة الأساسية على الشاشة وذلك على هيئة نوافذ صغيرة Windows ويتطلب عند اختيار شاشة الحاسوب أن تكون درجة وضوح البيانات على الشاشة لاتقل عن ٤٦٠ x ٨٦٠ وحدة مساحية Pixels في البوصة المربعة الواحدة، وبالطبع تختلف شاشات الحاسوب باختلاف الشركات المصنعة لها، وعادة عند شراء جهاز حاسوب من نوع ما تكون الشاشة من احدى مرفقاته للنفس الشركة الا أن هناك شاشات تمتاز بوضوح عرض البيانات والتي يمكن الاعتماد عليها بصورة أفضل.



شكل (٧٨): نموذج لشاشات الحاسب الآلي التي تناسب ال GIS

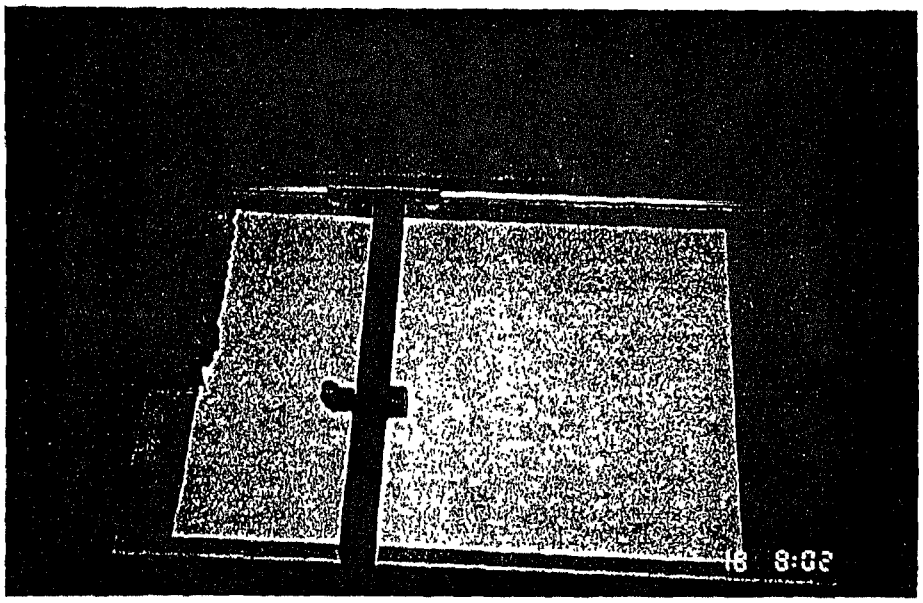
ب) جهاز الاخراج للرسومات Plotter:

يعتبر هذا الجهاز من أهم أجهزة الاخراج للمعلومات ونتائج معالجتها في صورة خرائط ورسومات بيانية بألوان عديدة، وتتنوع أجهزة الرسم Plotters من حيث طريقة ووسيلة الرسم التي صممت على أساسها ويمكن تصنيفها فيما يلي:

- أجهزة الرسم بالأقلام Pen plotters :

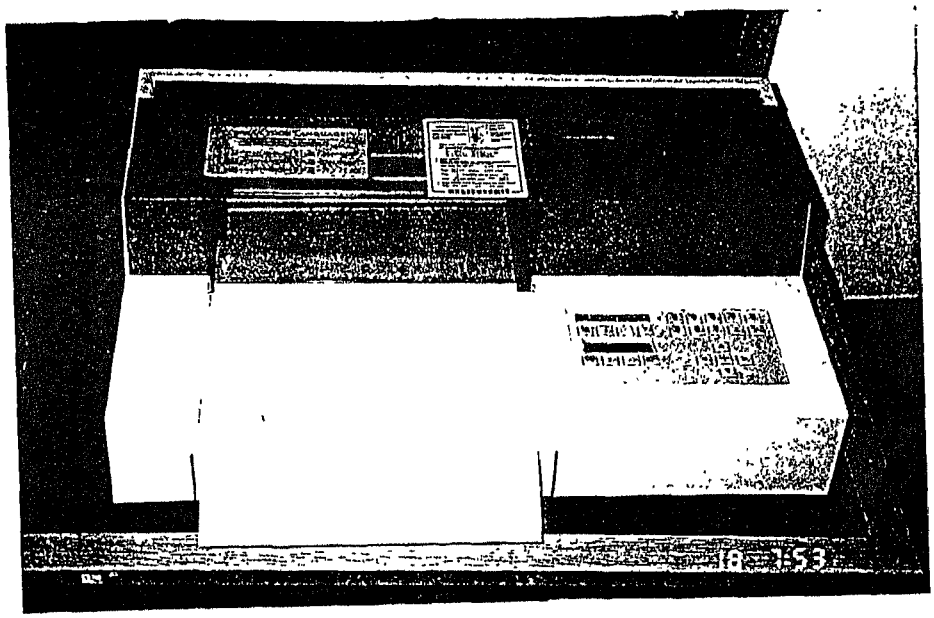
تعتبر أرخص أنواع الأجهزة وأسرعها في الاخراج، حيث تعتمد على أقلام بألوان عديدة فمنها أجهزة لها ٦ أقلام ومنها ٨ أقلام، وتتنوع الأقلام الى نوعين؛ أحدهما يستخدم للرسم على الورق Paper pens والآخر مخصص للأقلام والشفافيات Transperancy pens والتي يتم تبديلها باليد بسهولة ويسر وسرعة، واثناء عمل الجهاز يكون استخدام كل قلم بعد الآخر حسب لونه وترتيب أوامر الاخراج التي ترسل له من البرنامج التطبيقي.

وتعمل الأجهزة من هذا النوع على مبدئين، أحدهما تحرك القلم فوق ورقة الرسم وهى التي تسمى أجهزة الرسم المستوية Flat bett plotter (شكل ٧٩)، والآخر أجهزة الرسم الاسطوانية Cylinder bett plotter حيث يتحرك ورق الرسم أسفل القلم في اتجاه الاحداثية السينية أي أفقي ويتحرك القلم فقط في اتجاه الاحداثية الصادية عموديا على اتجاه تحرك الورق (شكل ٨٠).

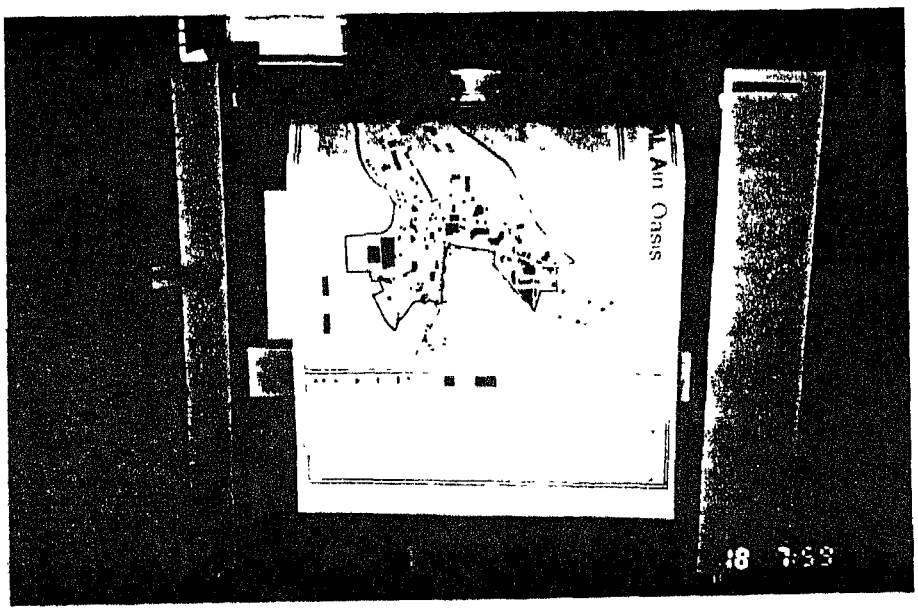


شكل (٧٩): جهاز رسم للخرائط من نوع Ronald بحجم A3 نموج لأجهزة الرسم المستوية

وتتنوع الأجهزة باختلاف الشركات المصنعة لها والتي تزيد في الأسواق عن خمسين نوع مختلف، الا أنها تعمل على أساس مبدأ واحد هو الاعتماد على القلم في الرسم.
وتتوفر أجهزة الرسم من هذا النوع بأحجام مختلفة تبدأ من حجم A4 وحتى أجهزة بحجم AO .



شكل (٨٠): جهاز رسام الخرائط من نوع HP7550 بحجم A3



شكل (٨١): جهاز رسام الخرائط من نوع HP 7595 بحجم A0

- أجهزة الرسم برش الحبر Inkjet plotters :

هى اجهزة تعتمد على وجود خزانات من الحبر بألوان تتفق مع نوع الجهاز، فهناك أجهزة بأربع ألوان من نوع الجهاز، وهناك اجهزة بأربع ألوان فقط وأجهزة أخرى بأكثر من ذلك، ويتم رش الحبر من خلال أوامر ترسل الى رافعة ضغط هوائية تشبه الرشاش الهوائي Air bruch حيث يظهر على الورق كرسومات وخرائط بمايتطبق مع النتائج التي تظهر على شاشة الحاسوب.

يعاب على هذه الأجهزة أنها تتعرض للتلف أسرع من السابقة كما أن دقة توزيع الألوان على المساحات تكون غير مناسبة للألوان التي تعتمد على التدرج النوعي والكمي، كما أنها لاتعطي خطوطا واضحة بل تظهر عليها نقاط الرش مما يقلل من حيويتها.

- أجهزة الرسم من نوع الالكتروستاتيكية Electrostatic plotters :

هى أجهزة تعتمد على وجود ابر تتحرك بسرعة تتفق مع طبيعة الأوامر التي ترسل لها وتقوم بوضع نقاط من الحبر بألوان مختلفة على الورق.

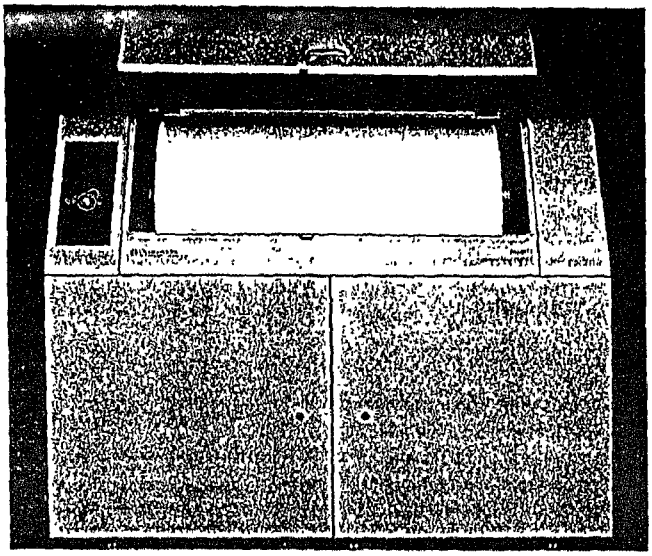
تمتاز هذه الأجهزة بالسرعة العالية في اخراج المعلومات على هيئة خرائط ورسومات الا أن الجودة في تظليل المساحات تظهر غير منتظمة التوزيع، كما أن الألوان تبدو وكأنها نقط متجاورة يسهل رؤيتها بالعين المجردة، والخطوط تقل فيها الانسيابية مثلما هو الحال في أجهزة الليزر.

وعادة تستخدم هذه الأجهزة في اخراج الرسومات التمهيدية للنتائج Draft maps وهذا النوع من الأجهزة لاتتوفر منه الا تلك الأنواع ذات الأحجام الكبيرة Ao, A1 .

- أجهزة الرسم الأوفست Off-set plotters:

هى أرقى أنواع أجهزة الرسم الآلي التي تستخدم في مجال رسم الخرائط الآلية ونظم المعلومات الجغرافية، والتي تعتمد على مبدأ دمج الألوان الأساسية الأربعة أحمر، أصفر، أزرق، أسود، وذلك للحصول على تدرج لوني كبير يصل الى أكثر من ٩٩٩ درجة لونية مختلفة.

وتتميز هذه الأجهزة بدقة عالية الجودة في توزيع الألوان على المساحات ووضوح كبير للخطوط والتي لاتفترق عن أجهزة الطباعة من نوع الأوفست Off-set printing press حيث يتم ضغط الألوان من خزانات أربع للألوان المذكورة ويتم دمجها معا للحصول على درجة اللون التي تم اختيارها أثناء العمل بالبرنامج التطبيقي، الا أنها أجهزة مكلفة جدا وتحتاج الى صيانة وعناية مستمرة، كما أنها تحتاج لفترة تصل الى أكثر من ساعتين لرسم خريطة بحجم Ao.



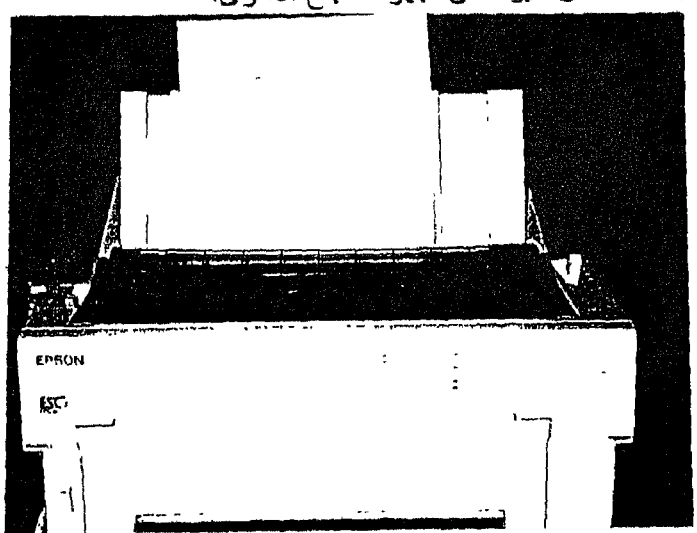
شكل (٨٢): جهاز رسام للخرائط من نوع طابعة الأوفست

ج) أجهزة الطباع Printer:

تعتبر أجهزة الطباع من أهم الأجهزة التي تخدم وحدة الاخراج في مكونات الحاسب الآلي، لما لها من أهمية كبرى ليس فقط في طباعة جداول احصائية ونصوص فحسب، ولكن أيضا في اخراج رسومات وخرائط سواء أبيض وأسود أو بالألوان وعليه يمكن تحديد أنواع منها وهى:

- أجهزة الطباعة النقطية Dot matrix printers :

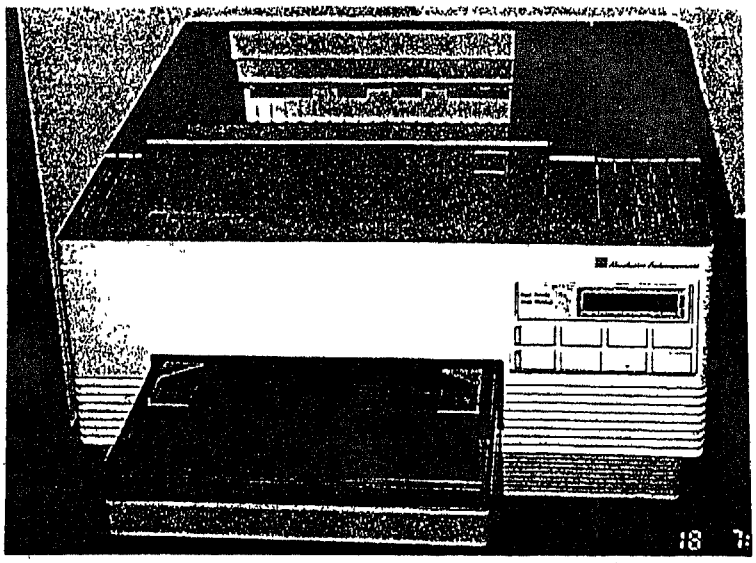
هى أرخص أنواع أجهزة الطباعة والتي عادة تستخدم في اخراج تقارير نصية وجداول بصورة تمهيدية حيث جودة الطباعة تقل عن غيرها من أجهزة الطباع الأخرى.



شكل (٨٣): جهاز طباع النقطي أو الابري من نوع Epson LQ

- أجهزة الطباع الليزرية Laser Printers:

تعتبر هذه الأجهزة من أجود أنواع الطباعات التي تستخدم مع الحاسب الآلي ويتوفر منها طباعات بالأبيض والأسود وطباعات ألوان، وللحصول على مخرجات جيدة من نظم المعلومات الجغرافية يفضل أن يكون هناك جهاز طباع ليزري ألوان، وتتفاوت الطباعات من هذا النوع من حيث سرعة اخراجها للصفحات وحجم الذاكرة Memory والتي لها أثر كبير على سرعة اخراج الخرائط وعليه يفضل ألا تقل الذاكرة عن ميجابايت واحد، وسرعة اخراج الصفحات لاتقل عن ٨ صفحات في الدقيقة، وتتوفر في معظم نظم المعلومات الجغرافية أوامر لتشغيل الطباعات الليزرية المختلفة.



شكل (٨٤): جهاز طباع ليزر من نوع HP Laserjet III

ولعله من المفيد استعراض نماذج من شبكات الحواسيب المختلفة المستخدمة في نظم المعلومات الجغرافية، والتي يمكن استخدامها في العديد من النظم وهى على النحو التالي:

أ) مستوى نظم شبكة الحاسب المركزي الكبير Large Mini-Computer System

ويدخل تحت هذه الفئة من الحواسيب شبكة نظام Prime 9755 وشبكة VAX11/785 وشبكة نظام DGNMV 10000 والتي يجب أن تحتوي على المواصفات الآتية كحد أدنى:

- وحدة معالجة مركزية مع ذاكرة حجمها ٨ ميجابايت،
- وحدة تخزين مركزية بحجم ٩٩٢ ميجابايت،
- جهاز تسجيل على شرائط من نوع Streaming 1600 BPI tape drive،

- طباع من نوع 300 LPM،
- رسام من نوع Calcomp 36" 8pen plotter ،
- مرقم للخرائط من نوع Calcomp 9100 Digitizer ،
- طرفيات من نوع Text ranix color graphical Terminals .

وتتفاوت أسعار هذه الفئة مابين ٢٥٠,٠٠٠ - ٤٠٠,٠٠٠ دولار أمريكي.

ب) مستوى نظم الحواسيب المركزية المتوسطة Medium Mini-Computer

ويخضع تحت هذه المجموعة شبكة نظام PRIME 2655 وشبكة نظام VAX 11 785 أو نظام DG MV 8000، ويمكن توضيح المتطلبات التجهيزية لهذه المجموعة كحد أدنى كالآتي:

- معالج مركزي مع ذاكرة مقدارها ٨ ميجابايت،
- وحدة تخزين مركزية بحجم ٦٣٠ ميجابايت،
- جهاز تسجيل على شرائط من نوع Streaming 1600 BPI tape drive،
- مرقم للخرائط من نوع Calcump 9100 Digitizer،
- طرفيات من نوع Textronix color graphical Terminals ،

وتتفاوت أسعار هذه الفئة مابين ١٧٥,٠٠٠ الى ٢٥٠,٠٠٠ دولار أمريكي.

ج) مستوى نظم الحواسيب المركزية الصغيرة Small Mini-Computer System:

وتضم هذه المجموعة نظم عديدة منها نظام PRIME 2350 ونظام MicroVAX11 ونظام DG MV 4000 .

ويجب أن تحتوى احدى هذه النظم على متطلبات محددة كحد أدنى كالآتي:

- معالج مركزي مع ذاكرة حجمها ٤ ميجابايت،
- وحدة تخزين مركزية بحجم ٢٥٠ ميجابايت،
- جهاز تسجيل على شرائط من نوع Streaming 1600 BPI tape drive،
- طباع من نوع LPM300،
- رسام من نوع Calcomp 36" 8 pen plotter،
- مرقم للخرائط من نوع Calcomp 9100 Digitizer،
- طرفيات من نوع Textronix color graphical Terminals.

وتتفاوت تكاليف هذه المجموعة مابين ١٠٠,٠٠٠ الى ١٢٥,٠٠٠ دولار أمريكي.

د) مستوى نظم محطات العمل SUN-Workstation Computer System:

يخضع لهذه الفئة نظام VAX GPX ونظام VAX 2000 حيث يحتاج كل من النظامين الى المتطلبات الآتية:

- معالج مركزي مع ذاكرة حجمها ٨ ميجابايت،
- وحدة تخزين حجمها ١٤٠ ميجابايت،
- جهاز تسجيل على شرائط من نوع Streaming 1600 BPI tape drive،
- رسام من نوع Calcomp 36" 8 pen plotter،
- مرقم للخرائط Calcomp 9100 Digitizer .

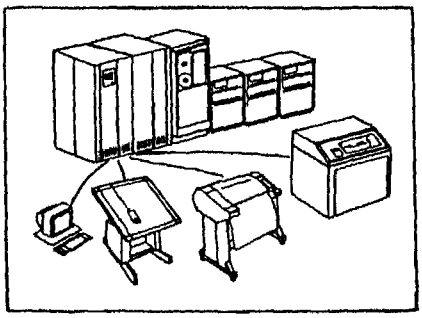
وتتحصر تكاليف هذه المجموعة فيما بين ٣٠,٠٠٠ الى ٨٠,٠٠٠ دولار أمريكي.

هـ) مستوى نظم الحواسيب الشخصية PC Computer System:

ويخضع لها جميع الحواسيب الشخصية المتفقة مع نظم IBM سؤال بنسبة ١٠٠٪ وتعمل بنظم التشغيل للاسطوانات Disk Operating Systems والتي يجب أن يحتوي احداها على المواصفات الآتية:

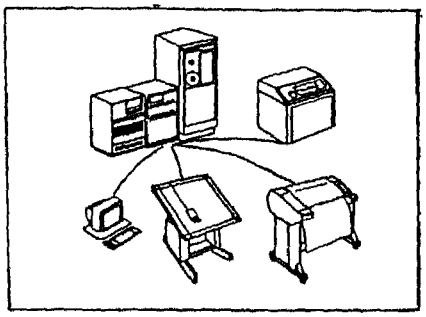
- معالج مركزي مع ذاكرة لاتقل عن ٦٤٠ كيلوبايت،
- اسطوانة صلبة لايقل حجمها عن ٢٠ ميجابايت،
- مجرى للاسطوانات اللينة بحجم ١,٢ ميجابايت،
- معالج رياضي Mathematic Coprocessor،
- عدد ٢ مخارج من النوع المتوالي Serial ports ،
- كارت جرافيكي Graphics adapter ،
- مرقم للخرائط من نوع Calcomp 9100 Digitizer ،
- رسام للخرائط بحجم A3.

وتتفاوت أسعار هذه الفئة مابين ١٠,٠٠٠ الى ٢٥,٠٠٠ دولار أمريكي، ويظهر الشكل (٨٥) رسم تخطيطي لكل فئة.



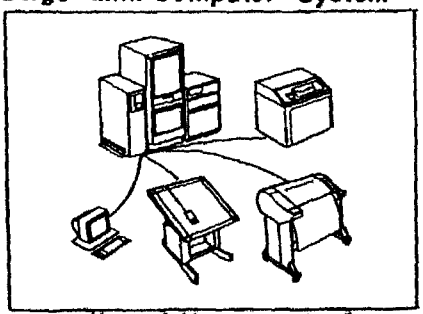
شبكة الحاسوب المركزى الكبير

Large Mini-Computer System



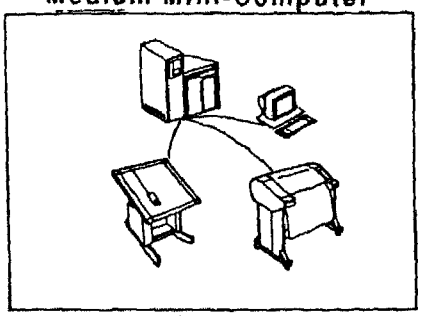
شبكة الحاسوب المركزى المتوسط

Medium-Mini-Computer



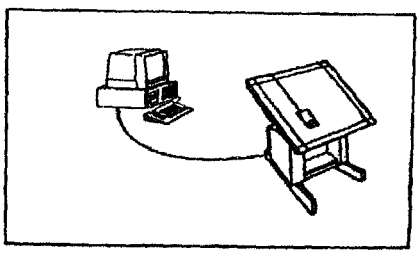
شبكة الحاسوب المركزي الصغير

Small Mini-Computer System



شبكة محطة العمل

SUN-Workstation Computer System



شبكة الحاسوب الشخصي

Personal Computer

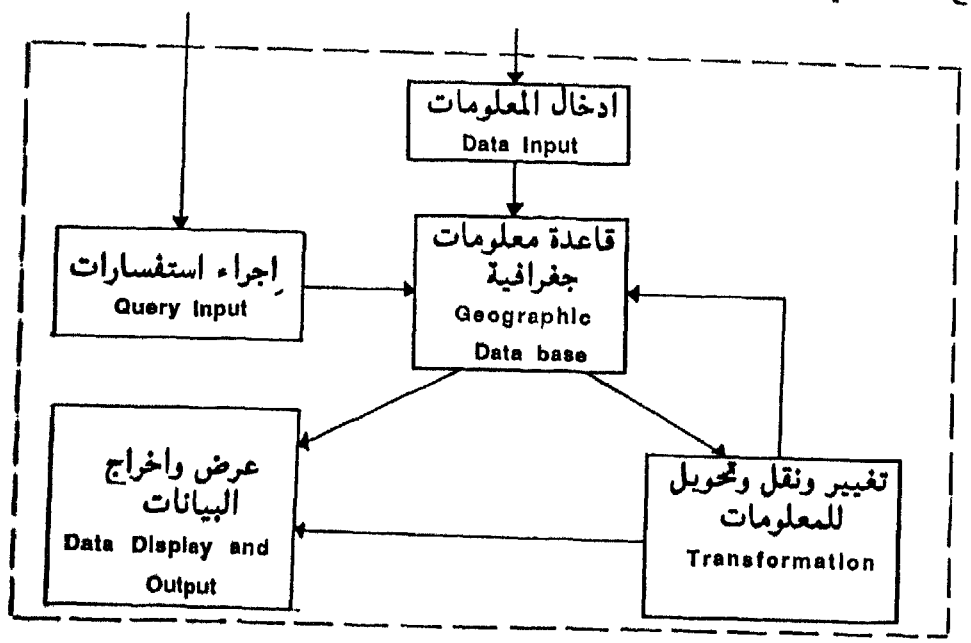
شكل (٨٥): رسم تخطيطي لشبكات نظم الحاسوب المختلفة
المستخدمة في نظم المعلومات الجغرافية، وخاصة برنامج ARC/INFO

٢) البرامج التطبيقية في نظم المعلومات الجغرافية Application Software for GIS

تتعدد البرامج التطبيقية التي تهتم بمعالجة البيانات والحصول منها على رسومات وخرائط وجداول ولكن لايمكن اعتبارها من البرامج المستخدمة في مجال نظم المعلومات الجغرافية الا اذا توفرت فيها الشروط الستة الآتية:

- امكانية ادخال البيانات المختلفة واجراء عمليات اختبار دقة الادخال،
- توفر امكانية تخزين المعلومات وادارتها في صورة قواعد للمعلومات،
- اتاحة امكانية عرض واخراج البيانات بوسائل مختلفة،
- وجود امكانية نقل تبادل المعلومات من والى البرنامج،
- تحقيق عملية المعالجة الحوارية بين الحاسوب وبين الأفراد المستخدمين،
- اتاحة امكانية وجود روابط بين المعلومات ومواقعها الجغرافية.

ويوضح شكل (٨٦) الشروط المذكورة أعلاه مع توضيح الروابط فيما بينها كسمة من سمات البرامج التطبيقية في مجال نظم المعلومات الجغرافية.



شكل (٨٦) : يوضح الجوانب الرئيسية للبرامج التطبيقية لنظم المعلومات الجغرافية (عن : Burrough, 1986, p. 8 مع بعض تعديلات للباحث)